जड़ विज्ञान तत्व

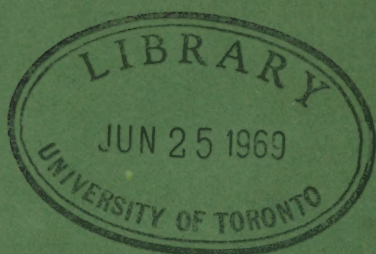
अर्थात

Jaṛa vijñāna tattva

बलफ़ूर स्टूअर्ट साहिब की
फ़िज़िक्स प्रिमर का अनुबाद
जिसको
श्रीमान् डाक्टर लाईटनर साहिब
बहादुर एल एल डि, डि, ओ, एल
रजिस्टरार पंजाब यूनी वर्सिटी
की आज्ञानुसार

श्रीयुतपण्डित हरिकृष्णदास साहिब

एम॰ ए॰ असिस्टेंट प्रोफेसर ओरियंटल कालेज
ने हिन्दी भाषा में उल्था किया

पंजाब यूनी वर्सिटी के निमित्त
सन् १८८५ में
लाहोर के
यंत्रालय अंजुमन पंजाब में छपा

भूमिका

इस छोटे से ग्रंथ में जड़विज्ञान के बड़े बड़े सिद्धांत बड़ी सुगम रीति से वर्णन किये गये हैं। इस पुस्तक का मुख्य उद्देश्य यह है कि विद्यार्थियों में इस बात की परिपाटी पड़ जाय कि वह लोग स्वतंत्र आलोकन द्वारा प्राकृत पदार्थों के विषय में विज्ञान लाभ करें, और केवल पुस्तकों पर हि निर्भर न रखें।

यह पुस्तक पंजाब यूनीवर्सिटी की प्रवेशिका परीक्षा के लिये नियत हो चुका है, परंतु इस का हिन्दी अनुवाद अभी तक नहुआ था। इस लिये मैंने श्रीयुत डाक्टर लाईट्नर साहिब बहादुर की आज्ञा से इस पुस्तक को हिन्दी भाषा में अनुवाद किया है। मैंने इस बात में विशेष यत्न किया कि इस की भाषा सुन्दर और सुगम हो और विद्यार्थी को उस के समझने में किसी प्रकार का यत्न न करना पड़े।

लाहौर, पं॰ हरिकृष्णदास।

२७ मार्च १८८५।

सूचीपत्रम्

प्रवेशिका

प्रकृति के प्रधान बल

गुरुत्वबल का आधार

भौतिक पदार्थों की तीन अवस्थाओं का वर्णन

कठिन पदार्थों के गुण

द्रव पदार्थों के गुण

गासों के गुण

गतिवाले पदार्थ

थरथराने वाले पदार्थ

उष्ण पदार्थ

उद्भूतविद्युत पदार्थ

जड़विज्ञान

(१) जड़विज्ञान का लक्षण— रसायन विद्या की प्रथम पुस्तक में कहा गयाहै कि हमारे आस पास किस प्रकार की वस्तु हैं, और रसायनी क्या किया करता है, और वह क्यों कर उन वस्तुओं को तोलता और उनका परिमाण मालूम करताहै, और किस प्रकारसे जानलेताहै कि कई वस्तु मिश्रहैं, और उनका दो वा अधिक मूलपदार्थों में विच्छेद हो सकताहै; और कई वस्तु मूल पदार्थहैं जिनका इस प्रकार विच्छेद नहीं होसकता।

और इसी प्रकार इस संसार की विविधवस्तुओं का वर्णन होचुकाहै; परन्तु उनकीअवस्थाओं के विषय में अभी तुमने बहुत कुछ नहीं सीखा। तुम्हारी अवस्था में भी परिणाम होतारहताहै, अर्थात् कभीतुम हंसते और कभीरोते और कभी माथा सिकोड़ लेते हो,कभी चुस्त चालाक,कभी उदास और आलसी होजाते हो।

सो यदि अब विचार करके देखो तो मालूम होगा कि जो वस्तु तुम्हारे चारों ओर दिखाई देती हैं उन सब की कोई अवस्था होतीहै। यथा आजआकाशनिर्मलऔर सुन्दर दिखाई देताहै, कल वर्षाहोरहीहै और बादल गर्जताहै, और आंधी के कारण

समुद्र में बड़ी हल चली पड़ रही है । अथवा कल्पना करो कि एक लोहे का गोला पृथ्वी पर पड़ाहै; जब उसे छूते हैं तो ठंडा तथा भारी मालूम होताहै, परन्तु जब आग पर रखें और थोड़ी देर पीछे उसे हाथ लगायें तो यद्यपि वहि पहिली वस्तुहै परन्तु अब अंगुलियें जलने लगती हैं । अथवा यदि उसकोआग पर न रखें किन्तु तोपमें भर कर चलायें तो बड़े वेग से छूटेगा, और जिस किसी पदार्थ सेछू जायगा उसे तत्काल चूरा कर देगा ।

सो इससे तुम ने जानलिया कि तोप के ठंडे गोले और तपे हुए गोलेमें बड़ा भेदहै; तथा तोप के स्थिरगोले और गतिवाले गोले में बड़ा भेद है ।

जब हम तुमको रोते और शोकातुर, आलसी और निद्रालु देखते हैं, तो हम जानना चाहते हैं कि इस का कारण क्या है, और सदा देखते हैं, कि उसका कोई न कोई कारण होता है । इसी प्रकार जब जड़ पदार्थों में भी अवस्था और गुणों का परिवर्तन देखतेहैं तो हम इसका कारण जानना चाहते हैं, और सदा देखते हैं कि उसका कोई न कोई कारण होताहै। सो इसी प्रकार की जिज्ञासा इस पुस्तक में होगी । तुम को बड़ा ध्यान धर के पढ़ना चाहिये । तुम को पहिले बतायागया है कि प्रकृति को इसप्रकार प्रश्न करने कानाम परीक्षाहै ।

(२) **गति का लक्षण**— पहिले गति का अर्थ अच्छी तरह समझना चाहिये । गति स्थान परिवर्तन वा जगह बदलने को कहतेहैं । प्रायः लोगों ने सुनाहोगा कि यह पृथ्वी जिस पर हम रहते हैं वस्तुतः बड़े वेग से सूर्य के गिर्द

घूमरहीहै; परन्तु अभी इस बात को तुम अपने हृदय से दूर रखो, क्योंकि यद्यपि पृथ्वी में बड़ा वेगहै फिरभी हम को अपने साथ लिये फिरतीहै, और प्रत्येक वस्तु उस पर स्थिर प्रतीत होतीहै ।

सो यदि मैं अपने कमरे में चौकी पर बैठा हूं तो मैं स्थित हूं; यदि उसमें इधर उधर फिरताहूं तो गतिवाला हूं । अब गति को यथावत् समझने के लिये गति की दिशा और उसका परिमाण अर्थात् वेग मालूम होनाचाहिये । अब वेग शब्द का ठीक अर्थ समझने में यत्न करना चाहिये; इस लिये कल्पना करो कि हम एक सीधे मार्ग पर दो वा तीन घंटे तक बराबर चाल से चलें, और चलने के स्थान से एक घंटे में ४ मील, दोमें ८ और तीन घंटों में १२ मील चललें, तो हमारी गति का परिमाण वा वेग प्रति घंटा ४ मील होगा ।

परन्तु यदि गति समान नहो, जैसी रेलगाड़ी स्टेशन के पास चलीआतीहै, जोपहिले प्रति घंटा ४० मील के हिसाब से चल रहीथी, परन्तु अब ज्यूंज्यूं वह पास आती जातीहै उसका वेग घटता जाताहै, यहां तक कि स्टेशन पर पहुंच ठहर जातीहै, तो इस अवस्था में उसकी गति के विषय में यह कहेंगे कि वह अपनी गति के शिथिल होने से पहिले प्रति घंटा ४० मील के हिसाब से चल रहीथी, और यदि उसी प्रकार चली जाती तो घंटे भरमें ४० मील चल लेती, और यदि स्टेशन पर न ठैरती और उसी तरह चली जाती तो अगले घंटे में औरभी ४० मील निकल जाती ।

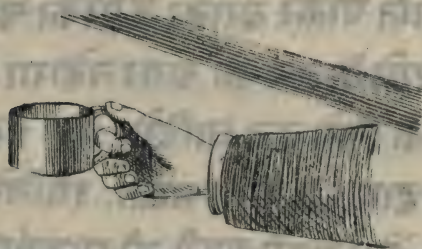
वेगको हम कई प्रकार से माप सकते हैं; कभी तो प्रति

घंटा जितने मील चले उसके हिसाब से मापते हैं जैसा कि ऊपर वर्णन हो चुकाहै, और कभी प्रति सेकण्ड जितने फुट चले उसके हिसाब से गिनते हैं। यथा यदि किसी कूए में एक पत्थर गिरावें तो पहिले सेकण्ड में १६ फुट नीचे गिरेगा। तुम सब जानते हो कि ६० सेकण्ड का एक मिनिट और ६० मिनिट का एक घंटा होताहै। इस छोटे पुस्तक में जब हम वेग का वर्णन करें गे तो मील और घंटे के स्थान फुट और सेकण्ड अधिक वर्तेंगे, और इस प्रकार से कहें गे कि अमुक पदार्थ दस बीस वा तीस फुट प्रति सेकण्ड के वेग से चलताहै।

(३) **बल का लक्षण** — अब देखना चाहिये कि वह कौन सी वस्तु है जो स्थित पदार्थ को गति देती है; और गति वाले पदार्थ को स्थित कर देती है; इस वस्तु का नाम बलहै। बल ही किसी पदार्थ में गति उत्पन्न करताहै; और बल ही (यदि प्रतिकूल दिशामें लगायाजावेतो) पदार्थ को स्थित करता है। केवल इतना हि नहिं किन्तु यदि किसी पदार्थ में गति उत्पन्न करने के लिये अधिक बल लगाना पड़े तो उसके स्थित करने में भी अधिक बल लगेगा। तुमअपने हाथ के प्रहार से गेंद को गति देसकते हो और एक हि प्रहार से स्थित भी कर सकतेहो, परंतु रेल गाड़ी से भारी पदार्थ को चलाने के लिये भी बहुत बल चाहिये और ठहराने के लिये भी बहुत बल चाहिये। जो थोड़े यत्न से चल पड़े थोड़े ही यत्न से ठहर जाताहै; और जिसका चलाना कठिनहो उसका ठहराना भी कठिन होताहै। अब तुमने देखलियाहै कि बल केवल

चलाने में ही नहीं किन्तु ठहराने में भी उपयोगीहै। तुम्ततः जो बात किसी पदार्थ की अवस्था को बदलतीहै उसे बल कहतेहैं, चाहे वह अवस्था गतिकीहोवा स्थिति की।

परीक्षा १— इस बात के सिद्ध करने के लिये एक टीन का बर्तन लेकर उसमें कुछ मटर के दाने डालो, और उस बर्तन को अपने दहने हाथमें लो। फिर बर्तन समेत अपने हाथ को इस प्रकार वेगसे उठाओ कि यह हाथ एकबार ही उस दण्ड से जो थोड़ी दूर ऊपर लगायाहुआ है टकराकर ठहर जाय। अब तमने मटर समेत बर्तन को वेग से ऊपरको उठाया और फिर एकवार ही ठहरालिया। पहिले तुम ने अपने हाथ

चित्र १

केबल से बर्तन को ऊपर की ओर गति दी, और वह बर्तन मटर के दानों को अपने साथ ले उठा, क्योंकि वह पीछे नहिं रह सकतेथे। फिर जब तुम्हारा हाथ बर्तन को पकड़े ऊपर जारहाथा तो तुमने उसे लकड़ी के दण्ड से एकवार ही ठहरा लिया; अर्थात् लकड़ी के दण्ड ने तुम्हारे हाथ को ठहराया, और तुम्हारे हाथ के साथ वह बर्तन भी ठहर गिया जिसे तुम-

ने पकड़ रक्खा था । परन्तु इस ठहराने वाले बल से उन दानों पर कुछ भी असर न हुआ, क्योंकि वह बर्तन में खुले पड़े थे; इसलिये वह बर्तन के ठहर जाने के पीछे भी ऊपर को जाते रहेंगे और बड़ेनेर उछलकर पृथ्वीपर गिरपड़ें गे ।

परीक्षा २— अब पहिले दाने तो गिर पड़े; फिर उसी बर्तन में कुछ और दाने डालो; परन्तु अब वेग से नीचे को लेजाओ । यहां तुम्हारे हाथ के बल से वह बर्तन वेग से नीचे की ओर गति करेगा, परन्तु दानों पर कुछ असर नहिं होगा, क्योंकि वह खुले पड़े हैं । इसका यह फल होगा कि मटर तुम्हारे हाथ के साथ, नीचे नहिं जावेंगे किन्तु पीछे रहकर पृथ्वी पर गिर पड़ें गे ।

अब देखना चाहिये कि इन दो परीक्षाओं से क्या सिद्ध हुआ । पहिली परीक्षा से हमने यह सीखाहै कि मटर के दाने एकवार गति पाकर बराबर ऊपरको चलते रहेंगे क्योंकि उसपर दूसरे के बल का असर नहोगा । उन्हें ऊपर जाने से रोकने के लिये बल चाहिये, और यह बल हम लकड़ी के दरोट द्वारा नहिं लगा सकते, इसलिये दाने ऊपर को चलते रहेंगे, और अंतमे पृथ्वी की आकर्षणशक्ति उन्हें नीचे को खेंच लायगी। इससे इस प्रकार विदित हुआ कि चलती वस्तु को ठहराने के लिये बलकी आवश्यकताहै ।

फिर दूसरी परीक्षा में हम बर्तन को नीचे की ओर गति देते हैं, परंतु हमारे हाथ का बल जो इस गति का कारण है दानों पर कुछ असर नहिं करता, क्योंकि वह खुले पड़े हैं । इस लिये वह दाने अपनी स्थिति की अवस्था में र-

हते है, और बासन से पीछे रहकर अंतको पृथ्वी के बल से नीचे गिर पड़ते हैं। इस लिये सिद्ध हुआ कि स्थित पदार्थ को गति देने के लिये भी बल की अवश्यकता है।

इस लिये बल दो काम कर सकता है, अर्थात् स्थित पदार्थ को चला सकता है और चलते पदार्थ को स्थिर कर सकता है। परंतु कभी ऐसा भी होता है कि यद्यपि बल विद्यमान हो फिर भी उसका कार्य प्रतीत नहिं होता। इसका क्या कारण है; हम यह उत्तर देते हैं कि एक समान बल उसकी प्रतिकूल दिशामें लग कर उसके कार्य को रोकता है। जैसे मेरे हाथ में एक भारी बोझ है, यदि मैं उसे छोड़ दूं तो पृथ्वी के बल से झट नीचे आपड़ेगा, परंतु जबतक मैं इसे अपने हाथ पर रहने दूं तबतक इस बल का कार्य रुका रहेगा। अथवा कल्पना करो कि वही बोझ एक मेज़ पर रखा हूआ है, सो यदि वहां मेज़ नहोती तो नीचे गिर पड़ता; परंतु पृथ्वी का बल जो इसे गिराना चाहता है, मेज़ की रुकावट के कारण अपना असर नहिं कर सकता। बोझ मेज़ पर दबाओ डालता है, परंतु मेज़ इस दबाओ को रोकती है। सो यहां दो बल एक दूसरे को रोकते हैं, एक बोझ है और दूसरा मेज़ की रुकावट।

इस सारे कथन से हमने यह सीखा कि बल वह वस्तु है जो किसी पदार्थ की स्थिति वा गति की अवस्था को बदले, परंतु कई बार जब समान और प्रतिकूल बल रोकता हो तो वह कुछ भी असर नहिं करता, अर्थात् इसका कोई स्फुट कार्य प्रतीत नहिं होता।

प्रकृति के प्रधान बल

(४) गुरुत्वबल का लक्षण—मैं तुम को बता चुका हूं कि बल शब्द का क्या अर्थ है; अब हम यह देखेंगे कि हमारे आस पास प्रकृति के प्रधान बल कौनसे हैं, और वह क्या काम करते और क्या फल देते हैं। उन सब में विख्यात पृथ्वी का आकर्षण बल है। यदि हम अपने हाथ से एक भारी पदार्थ छोड़ दें, तो हम सब जानते हैं कि वह कहां पड़ेगा—ऊपर को नहिं जायगा, इधर उधर नहिं, किन्तु धरती पर पड़ेगा। हम कहते हैं कि नीचे जायगा; और 'ऊपर' और 'नीचे' शब्द केवल पृथ्वी के बल के आश्रय हैं, और यदि पृथ्वी में बल न होता तो यह शब्द कभी न बोले जाते। 'ऊपर' शब्द द्योतक है एक क्लिष्ट गति का आकर्षण बल की प्रतिकूल दिशा में; और 'नीचे' शब्द द्योतक है एक सुगम गति का आकर्षण बल की सहायता से। पहाड़ी पर चढ़ना क्लिष्ट किन्तु उतरना सुगम होता है।

अब जो हम कहते हैं कि पृथ्वी पदार्थों को खैंच लेती है इससे यह न समझना चाहिये कि जो पदार्थ हम देखते हैं वह सब पृथ्वी की ओर चल रहे हैं। तुम और हम गिर नहिं रहे और न हम ऐसी भय दायक अवस्था में होना चाहते हैं। हम गिरते क्यों नहिं? क्योंकि हम छत पर खड़े हैं। और जो नीचे सहारा न होता तो गिर कर पृथ्वी की ओर जाते; परन्तु छत दृढ़ और हमारा बोझ सहारने के योग्य होनी चाहिये, नहिं तो टूट जायगी और हम नीचे जा पड़ेंगे। कई बार लकड़ी का छत वा चबूतरा बहुत लोगों के भार से

टूट गिया और लोग गिरपड़े, कई मर गये और कईयों को चोटें लगीं ।

सो तुम देखते हो कि पृथ्वी प्रत्येक पदार्थ को खेंचती है, परंतु फिर भी बहुत सी वस्तु जो हमारे चारों ओर देखने में आती हैं पृथ्वी की ओर जानहिं रही, क्योंकि वह किसी और वस्तु के सहारेखड़ीहैं, जो उनके भारको थाम सकती है । वस्तुतः पदार्थों का वह गुण जिसे हम भार वा गुरुत्व कहते हैं, पृथ्वी के आकर्षण बल का कार्यहै ।

पृथ्वी के इस बल का नाम गुरुत्व बलहै ।

(५) आश्लेष बल का लक्षण— परंतु पृथ्वी के बल को छोड़ और भी बल हैं । यदि हम किसी रस्सी वा तार के टुकड़े को लेकर तोड़ना चाहें तो बल वा रुकावट प्रतीत होतीहै, और जबतक इस बल वा रुकावट से हमारा बल अधिक नहोजाय तबतक हम उस रस्सी वा तार को तोड़ नहिं सकेंगे । वस्तुतः रस्सी वा तार के अवयव एक बल द्वारा परस्पर ऐसे संनद्धहैं कि अलग करने के यत्न को रोकतेहैं, और इसीतरह काठ, पत्थर, धातु आदि सारे कठिन पदार्थों के अवयव इसी प्रकार जुड़े हुए होतेहैं । बहुत सी वस्तु ऐसी होतीहैं कि उनका तोड़ना झुकाना, वा पीसना, अथवा किसी और प्रकारसे आकार वा स्वरूप बदलना बहुत कठिन होताहै। सो वह बल जो पदार्थों के परमाणुओं को परस्पर जुड़े रखताहै आश्लेष बल कहलाताहै । अब तुम गुरुत्व बल और आश्लेष बल का भेद जानगये; गुरुत्वबल वह है जिसके द्वारा पृथ्वी सब पदार्थों को अपनी ओर खेंचने का यत्न कर

तीहै; और यह बल दूर तक प्रवृत्त होताहै; जैसे चान्द जो पृथ्वी से दो लाख चालीसहज़ार मील दूर है उसको पृथ्वी खेंचतीहै। परन्तु आश्लेष बल वह है जो वस्तुओं के निकटवर्ति अवयवों को जुड़े रखनेकायत्न करताहै; पर यह बल प्रवृत्त नहिं होता जब तक कि परमाणु एक दूसरे के अति समीप नहों; क्योंकि यदि किसी वस्तु को तोड़ें वा पीस डालें तो फिर उस के अवयव आसानी सेजुड़ नहिं सकते।

(६) रसायनिक आकर्षण का लक्षण — इन दो बलों को छोड़ एक तीसरा भी बलहै जिसको रसायनिक आकर्षण कहते हैं। रसायनविद्याकी प्रथम पुस्तक के (४) में कहा गयाहै कि कोइला और आक्सीजन के रसायनिक मिलाप से कार्बोनिक एसिडगास बनतीहै। कोइला और आक्सीजन गास एक बल द्वारा एक दूसरे को ऐसा खेंचते हैं कि जैसा पृथ्वी पत्थर को खेंचलेतीहै। इस बल की शक्ति से वह वेग के साथ एक दूसरे के पास जाकर मिलजातेहैं, औरएक ऐसी वस्तु उत्पन्न होतीहै जो दोनों से भिन्नहै। इसी बलको रसायनिकआकर्षण कहतेहैं। इस में यह विशेषहै कि यह बल केवल भिन्न२ पदार्थों में प्रवृत्त होताहै, क्योंकि रसायनविद्या में केवल भिन्न२ प्रकार की वस्तु इस भांत आपसमें मिलती हैं।

(७) इन बलों के फल — प्रकृति के प्रधान बलों का वर्णन ऊपर हो चुका, अब यह देखना चाहिये कि उनसे क्या लाभहोताहै, और वह संसार में किस प्रयोजन से उत्पन्न हुए। शीघ्रही प्रतीत होजायगा कि यदियह बल

न होते तो कठिनता बनती । पहिले कल्पना करो कि संसार में गुरुत्व बल नहिं है और पृथ्वी किसी पदार्थ को नहिं खेंचती । कभी २ जो हम किसी विखड़ी पहाड़ी पर चढ़ते हैं तो हमारे हृदय में विचार आती हैं कि यदि चढ़ाई भी उतराई की भांत सुगम होती तो क्या प्रसन्नता होती । उस समय हम कैसा चाहते हैं कि गुरुत्वबल नहोता । परन्तु यदि कोई देवता हमारी इस प्रार्थना को पूरा करदे तो बड़ी विपदा पड़े । गुरुत्वबल के न होने से पदार्थों का बोझ तो न रहे और पहाड़ी पर भी बिनायत्न के चढ़ सकें, परन्तु यदि हम ऊपर उछलें तो वहीं रहजायें, और संभव है कि इस पृथ्वी को भी सर्वथा छोड़ सकें । हमारे घर की चीज़ें कुछ धरती पर और कुछ छतपर और कुछ इधर उधर उड़ती फिरें, और हम छत के अंदर की तल पर उसी प्रकार चलते फिरते जैसा कि धरती पर । और चांद भी पृथ्वी के साथ संबन्ध न रहने के कारण हमें छोड़ भागता, और कभी लौटकर न आता; और इसी प्रकार पृथ्वी भी सूर्य के साथ संबन्ध नरखने के कारण उसको छोड़ तारों में निकल जाती ।

इतना तो गुरुत्वबल का वृतान्त है । अब हम देखते हैं कि यदि आश्लेषबल नहोता तो क्याहोता । यदि यह बल न होता तो कठिन पदार्थों के परमाणु परस्पर जुड़े नरहते किन्तु चूर्णहो गिर पड़ते । हमारे घरों की मेज़ चौकी चूर्णहो जातीं, और हमारे घरों की भी यही दशा होती; इस प्रकार नहमारा घर रहता और न कोई घर का पदार्थ । हमारी अपनी भी यही दशा होती, निदान सब वस्तु मट्टी का ढेर होजा

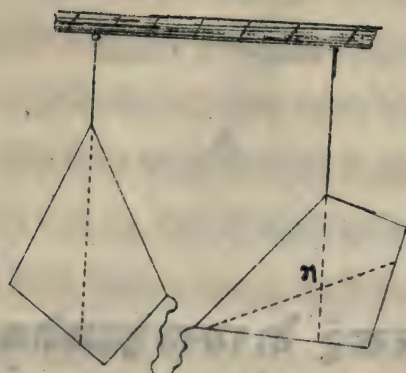
ती ।

अब हम देखते हैं कि यदि रसायनिकआकर्षण न होता तो संसार की क्या दशा होती । पहिले तो आग न जलती, क्योंकि कोइलों का कार्बन वायु के आक्सीजन से कभी न मिलता ।

और न कोई दो मूलपदार्थ मिलने से मिश्रपदार्थ उत्पन्न होता, किन्तु लगभग ६० मूलपदार्थों के, जिन में बहुत से धातु और थोड़े सेग्यास हैं, रहजाते । संसार में भांत भांत की वस्तु नहोतीं, और जीना भी कठिनहोता, क्योंकि हमारे शरीर भी मिश्रहैं; और यदि रसायनिक संयोग नष्टहोजाय तो उनका एक अंश वायुमें उड़जाय, और दूसरा अंश जो बहुत से कार्बन, थोड़े फास्फोरस और एक दो धातुओं सेबनाहै, पृथ्वी पर गिरपड़े और इसप्रकार हमारा अंत होजाय ।

गुरुत्वबल का आधार

(८) गुरुत्वकेन्द्र —— परीक्षा १— अब हम जानना चाहते हैं कि गुरुत्व बल किस प्रकार का बल है, और इसबातके लिये हम इस लोहे की चादर को एक धागे से लटकाते हैं । तुम देखतेहो कि यह एक निराले ढंग से लटकतीहै, और चादर पर जो एक रेखा रंगसे खिचीहुईहै वह धागे के साथ एकही सीधमें है । फिर हम उसी चादर को किसी और बिन्दु से लटकातेहैं, यहां फिर एकऔर रेखा धागे की सीधमें है, और तुम यहभी देखतेहो कि यहदोनो रेखा एकबिन्दु 'ग' पर एक दूसरी को काटती हैं ।

चित्र २

अब इस चादर को किनारे पर के किसी अन्य विन्दु से लटकाओ। पहिले की तरह अब भी एक रेखा तागे की सीध में है। अब तुम झट जान लोगे कि यह तीनों रेखा 'ग' बिन्दुपर एकदूसरी को काटती हैं; और यदि तुम इस चादर को किसी विन्दु से तागे के द्वारा लटकाओ, और तागे की सीध में एकरेखाखेंचो तो इस प्रकार की सारी रेखा उसी 'ग' विन्दु पर एक दूसरी को काटेंगी। सो जिस विन्दु से चादर को लटकाओ ठीक उसी के नीचे 'ग' विन्दु भी होगा, और यदि तुम चादर को हिलादो तो फिर अपने पहिले स्थान पर आजायगी। अब देखना चाहिये कि यह अद्भुत विन्दु कैसाहै? इस बात को जानने के लिये, मैं 'ग' के साथ एक तागा बांधता हूं, और उस तागे से लोहे की चादर को लटकाताहूं; तुम देखते हो कि वह इसविन्दु के गिर्द सब ओर से ऐसी ठीक और बराबर तुलगई है किमानों उसका सारा बोझ उसी 'ग' विन्दु पर इकट्ठा होगयाहै। इस 'ग' विन्दु को हम चादर का गुरुत्व केन्द्र कहतेहैं। और यदि मैं इस लोहे की चादर को

चित्र ३

रस्सी द्वारा लटकाऊं तो इसका गुरुत्वकेन्द्र 'ग' नीचे से नीचे रहेगा, और यदि रस्सी द्वारा न लटकाऊं किन्तु एक कील पर इस प्रकार लटकाऊं कि उस के गिर्द बिना रोक टोक के घूम सके, तो फिर भी 'ग' बिन्दु नीचे से नीचे रहेगा और इस प्रकार न होगा जैसे चित्र ३ में दिखायागया है

(९) तुला वा तराज़ू —— प्रत्येक वस्तु में एक इसी प्रकार का बिन्दु होताहै, और हम उसको गुरुत्वकेन्द्र कहतेहैं । तुला अर्थात् तराज़ू में भी (चित्र ४) और वस्तुओं की भांत यह बिन्दु होताहै जिसको उसका गुरुत्वकेन्द्र कहतेहैं । यहभी लोहे की चादर समान इसबिन्दु को नीचे से नीचा रखने का यत्न करती है ।

जब दोनो पलड़ों में बराबर तोल के बट्टे हों, तो यह 'ग' बिन्दु उसबिन्दु के ठीक नीचे होगा जिसपर तराज़ू टिकी हुई है, सोयदि हम एक पलड़े को झुकाकर छोड़ दें तो अंत में वह अपने पहिले स्थान परआजायगा । अर्थात् जब दोनो पलड़ों में बराबर बट्टे होंगे, तो सदा इसी साम्यावस्था में रहेगी और कांटा ठीक

मध्य में रहेगा । सो जब हम किसी वस्तु को तोलते हैं, तो उसको एक पलड़े में, और बट्टों को दूसरे पलड़े में रख देते हैं । यदि कांटा ठीक मध्य में हो तो निश्चय होजाता है कि उस वस्तु का तोल बट्टों के बराबर है । परंतु यदि वह वस्तु बट्टों के तोल से भारी होगी तो डंडी को अपनी ओर झुका लेगी, और यदि बट्टे भारी होंगे तो वह डंडी को दूसरी ओर झुकालेंगे ।

परीक्षा ४—— कल्पना करो कि तराजू के एक पलड़े में किसी धातु का टुकड़ा रखागयाहै, और दूसरे पलड़े में १५० ग्रेन का एक बट्टा है, और धातु वाला पलड़ा नीचे को झुक गयाहै, तो जान लेना चाहिये कि वह धातु का टुकड़ा १५० ग्रेन से भारीहै । फिर तुम उसी टुकड़े को २५० ग्रेन केबट्टे से तोल कर देखो, जो इस टुकड़े से भारी प्रतीतहोताहै; अब बट्टे वाला पलड़ा झुक जायगा । सो इस से जान लो कि उस धातुके टुकड़े का तोल १५० और २५० ग्रेन के बीच मेंहै । फिर उसको २०० ग्रेन के बट्टे से तोल देखो तो अब कांटा ठीक मध्य में आजायगा, और डंडी भी बराबर रहेगी, जिससे मालूमहूआ कि धातु का टुकड़ा ठीक २०० ग्रेन के बराबर है ।

भौतिकपदार्थों की तीन अवस्थाओं का वर्णन ।

(१०) तुम पहिले देख चुके हो कि प्रकृति के बलों के बिना हमारा निर्वाह नहिं होसकता, और यदि भौतिक पदार्थों का एक अवयव दूसरे अवयव को न खेंचता तो से-

स्तार का होना भी असंभव था। और यह भी वर्णन हो चुकाहै कि यदि आश्लेष बल न होता तो सब वस्तु परमाणु रूप होजातीं। अब यह दिखाया जाताहै कि यदि प्रत्येक वस्तु में बहुतही बड़ा आश्लेष बल होता, तो वैसी ही कठिनता बनती; क्योंकि उस अवस्था में न तो द्रव पदार्थ होते और न कोई ग्यास, न जल होता नवायु।

लोहे वा फौलाद के परमाणुओं में इतनी आश्लेष शक्ति है कि उनको अलग करना बहुत कठिन है। जल और पारे में प्रत्यक्ष प्रकारसे कुछ भी आश्लेष शक्ति नहिं, क्योंकि थोडासा भी छूने से उनके अवयव सब ओर फैल जाते हैं, परंतु इन दोनो द्रव पदार्थों में कुछ न कुछ आश्लेष होता है जिसका ज्ञान तुम्हें इस परीक्षासे होगा।

परीक्षा ५ —— थोड़ा सा पारा एक शीशे की तल पर रखो, और उस को अंगुली से दबाओ, तो वह छोटी २ गोल बूंदों में विभक्त हो जायगा; सो इस का गोल बूंदों में विभक्त होजाना इस बात को जतलाता है कि उस के परमाणुओं में आश्लेष है, क्योंकि यदि उन बूंदोंको एक दूसरे शीशे की तल से दबाओ तो वह चपटी होजायेंगी, और जब उसे उठालो तो फिर वह पारा अपनी असली अवस्था में आजायगा।

परीक्षा ६ —— अब यदि थोड़ी सी पानी की बूंदें किसी ऐसी तल पर छिड़को जो किसी तेल के चुपडने से चिकनीहो, तो यह बूंदें भी पारे की बून्दों की

तरह गोलाकार होजायेंगी; जिस से साफ प्रतीत हुआ कि उन बून्दों के परमाणुओं में भी आश्लेष है, नहिं तो परस्पर जुड़े न रहते ।

परंतु गास के परमाणु जो वायु में विद्यमान हैं एक दूसरे से जुड़े नहिं रहते किन्तु एक दूसरे से परे हटा चाहते हैं, और वस्तुतः यदि किसी बल द्वारा जुड़े न रहें तो वह सब अलग अलग हो जावें ।

सो जाना गया कि भौतिक पदार्थों की तीन भिन्न २ अवस्था हैं, अर्थात् कठिन, द्रव, और गास (वायवीय); और यह तीनों अपने अपने भिन्न गुण रखती हैं, जिस कारण उन में परस्पर भेद है,

(२१) कठिन पदार्थों का लक्षण——

लोहे का टुकड़ा वा लकड़ी आदि प्रत्येक कठिन पदार्थ अपना आकार वा परिमाण नहिं बदलता, और सदा अपना असली आकार और परिमाण रखता है जब तक किसी और बल द्वारा तोड़ा न जाय ।

(२२) द्रवपदार्थों का लक्षण—— प्रत्येक द्रव पदार्थ जल के समान होता है, बोतल वा किसी और बर्तन में रखने से सदा ऐसा फैलता है कि उसके समान आकार बना लेता है, और उसकी पृष्ठ कहीं ऊंची नीची नहिं होती, परंतु उसका परिमाण कभी नहिं बदलता, यथा बड़ी बोतल को पानी से भर कर किसी छोटी बोतल में उलट दें तो बड़ी बोतल का सारा पानी छोटी में कभी नहिं समा सकता; क्योंकि चाहे उसका आकार कैसा ही हो-

जाय परंतु उसका परिमाण वही रहेगा ।

(१३) गास का लक्षण—— गास की नल वा कुछ नहिं होती, क्योंकि यदि किसी प्रकार की थोड़ी गास एक खाली वर्तन में बंद की जाय तो वह सारे बर्तन में फैल जायगी और उसको भर देगी । गास द्रव वस्तुओं की तरह एक नियत स्थान के रोकने का यत्न नहिं करती; इसलिये बड़ी बोतल में भरी हूई गास बल द्वारा छोटी बर्तन में दबाई जासकती है, और यदि अधिक बल लगायें तो उस को और भी थोड़ी जगह में दबासकते हैं । इस से सिद्ध हूआ कि गास बहुत थोड़ी जगह में भी दबाई-जा सकती है, परन्तु द्रव पदार्थों को ऐसा नहिं कर सकते।

कठिन पदार्थों के गुण

(१४) कठिन पदार्थ की यह निशानी है कि उसका नियत परिमाण वा आकार आसानी से नहिं बदल सकता।

परीक्षा ७—— चौथे चित्र में दो बासन भिन्न भिन्न आकार के हैं, परंतु उनका परिमाण एक ही है। एक को पानी से भर दो, फिर वह पानी दूसरे में डालो तो वह भी भर जायगा ।

और उसी चित्र में दो लकड़ी के टुकड़े हैं जिनका आकार एकजैसा है, परन्तु एक बड़ा है और दूसरा छोटा, अर्थात उन दोनो का परिमाण भिन्न है ।

चित्र ४

तुम परिमाण और आकार शब्दों का अर्थ तो अच्छी प्रकार समझ गये। अब तुम एक कठिन पदार्थ जिसका आकार बोतल कासा है उसको लेकर पियाले की शकल में बदल नहिं सकते, यद्यपि दोनोंका माप वा परिमाण एक ही हो। इसी प्रकार एक कठिन वस्तु जो परिमाण में पहिले लकड़ी के टुकड़े के बराबर है उसको दबाकर दूसरे टुकड़े के बराबर नहिं कर सकते, यद्यपि आकार दोनो का समान है। सो जो वस्तु पूर्णप्रकार से कठिन होगी वह अपना आकार और परिमाण भी स्थिर रखेगी।

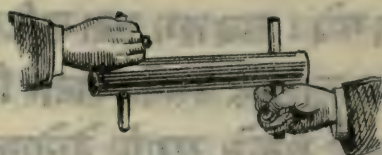
परंतु इस बात का ध्यान रखना चाहिये कि जब कहते हैं कि यह बात नहिं होसकती, तो इसका यह अभिप्राय होता है कि वह बिना बहुत से यत्न के नहिं हो सकती; और होभी जाय तो पूरी नहिं किन्तु थोड़ीहोतीहै। हमारा असली अभिप्राय नीचे लिखी हुई परीक्षाओं द्वारा खुलजायगा।

परीक्षा ८—यह लोहे का डंडा है; पहिले में

इसे हाथ के प्रहार से तोड़ना चाहता हूं, परंतु यह नहिं टूटता ।

फिर मैं उसे एक सिरे से लटका दूसरे सिरे पर भारी बोझ लगा कर बढ़ाना चाहता हूं, परंतु वह नहिं बढ़ता ।

अब मैं उसके सिरे पर के छिद्रों में लोहे के डंडे ल-

चित्र ५

गाकर मरोड़ने का यत्न करता हूं पर वह मरोड़ा नहिं जाता ।

अब मैं उसको मेज़ पर खड़ा करके उस के ऊपर भारी बोझ रख के दबाने का यत्न करता हूं पर वह नहिं दबता ।

निदान दोनो सिरों पर रस्सी बांध लटका देता हूं, और उसके मध्य में भार बांध कर देखता हूं तो झुकता भी नहिं ।

सो यह लोहे का डण्डा जिस को हम प्रहार से तोड़ नहिं सकते और न बढ़ा सकते हैं और न मरोड़ और दबा सकते हैं, और न झुका सकते हैं कठिन पदार्थ का-

अच्छा उदाहरण है। परंतु यदि हम बहुत बल लगाते तो उसे बढ़ा, मरोड़, दबा और झुका सकते। और ऊपर की परीक्षाओं में मैंने उसे वस्तुतः बढ़ा, मरोड़, दबा और झुका दियाथा, परंतु इतना नहिं कि प्रतीत हो सकता। असल में उस डंडे के बढ़ने वा मरोड़ा जाने, वा दबने वा झुकने का परिमाण उस बल के परिमाण के अनुसार होताहै जो मैं लगताहूं। जड़विज्ञान में इस बल और उसके कार्य्य के परस्पर संबन्ध में जिज्ञासा होतीहै। मैं इस विषय का पूरा पूरा वर्णन नहिं कर सकूंगा क्योंकि इस में बहुत काल लगताहै; यहां मैं केवल झुकाओं का वर्णन करूंगा।

(१५) झुकाओं का वर्णन — परीक्षा ९ — इस काम के वास्ते एक लकड़ी की कड़ी को दोनो सिरों के नीचे किसी टेकन से सहारा देकर हरिज तल के समानान्तर रखो, और एक भारी बोझ उसके मध्य में लटका कर एक माप लेकर देखो कि कड़ी का मध्य बोझ के कारण कितना झुक गया है। अब इस बोझ को दुगुणा करदो, और फिर माप कर देखो तो मालूम होगा कि कड़ी का मध्य पहिले से दुगुणो के लगभग झुक गयाहै। इस से यह सिद्ध हुआ कि झुकाओं की न्यूनाधिकता प्रायः बोझ के अनुसार होतीहै।

चित्र ६

परीक्षा १० — अब उसी कड़ी को मुटाई के बल

पहिली प्रकार सहारा देकर रखेा ग्रेार उसी बोझको उस के मध्य से लटका दो, तो इस अवस्था में वह काड़ी पहिले से बहुत थोड़ा झुकेगी।

(२६) पदार्थों की दृढ़ता का वर्णन — यदि कोई राज वा इंजिनियर किसी मकान के उसारने में लकड़ी के बड़े बड़े शहतीर बरते, तो दृढ़ता के निमित्त चाहिये कि वह उनको मुटाई के बल रखे। क्यों कि इस प्रकार रखने से वह शहतीर छत आदि के बोझसे थोड़ा झुकें गे।

सेा उस को चाहिये कि वह सब वस्तुग्रेां की दृढ़ता का ज्ञान रखताहेा, ग्रेार छोटी से छोटी वस्तु द्वारा बड़ी से बड़ी दृढ़ता संपादन करनी जानता हो, अर्थात् जहां तक हो सके अपनी लकड़ी ग्रेार लोहे को अच्छी तरह ग्रेार नीति पूर्वक वर्तना जानताहेा। उस को एक ग्रेार बात का भी ध्यान रखना चाहिये। वह बात यह है कि जब किसी मकान वा पुलको बनाना हो तो उस को इतना दृढ़ बनाये कि उस पर अधिक से अधिक जितना बोझ पड़ने का संभव हो उस से चार वा पांच गुणा बोझ उठासके; क्यों कि कई बार मकान की छत भारी बोझ को सहार तो सकतीहै, पर ऐसी झुक जाती है कि उस बोझ के उठा लेने से पीछे भी अपनी असली अवस्था पर फिरनहिं आती। इसी प्रकार पुल गाड़ियों की लम्बी कतार को सहार तो सकता है, परंतु फिर इतना झुक जाता है कि गाड़ियों के चला जाने

के पीछे भी अपनी असली अवस्था पर नहिं आसकता। इस लिये छत और पुल प्रत्येक बार बोझ के रखने और गाड़ियों के बहुत बार आने जाने से धीरे धीरे अधिक झुक जायेंगे, यहां तक कि अंत में गिर पड़ें गे। इस लिये राज को इसबात का ध्यान रखना चाहिये कि उसकी उसारी इतनी न झुक जाय कि फिर अपनी असली अवस्था पर न आ सके।

(१७) रगड़ का वर्णन—— कठिन पदार्थों का विषय छोड़ने से पहिले हम रगड़ का भी थोड़ा सा वर्णन करते हैं। यदि काठ की मेज़ पर कोई भारी बोझ रखदिया जाय, तो उस को मेज़ पर सरकाने के लिये बहुत बल चाहिये, परंतु यदि मेज़ संग मर्मर की हो तो उस बोझ को थोड़े बल सेही सरका सकतेहैं, और यदि वही बोझ एक बर्फ की तल पर होता तो उसे और भी थोड़े बल से सरका सकते। इसलिये वह बल जिसके कारण भारी वस्तु का सरकाना कठिन होता है, रगड़ कहलाता है।

यदि पदार्थों में रगड़ न होती तो वैसी ही कठिनता बनती जैसी कि और तलों के न होने से, अर्थात् चलते फिरते ऐसा मालूम होता कि मानो बर्फ पर चल रहेहैं, और जहां थोड़ी सी भी ऊंची नीची वा तिरछी जगह होती वहां कोई पदार्थ न ठहर सकता किंतु सब वस्तु फिसल कर नीचे आ पड़तीं।

द्रव पदार्थों के गुण

(१८) द्रव पदार्थों का परिमाण नहिं बदलता—सब द्रव पदार्थों के अवयव बड़ी आसानी से अलग हो सकते हैं; परंतु हम उन के परिमाण को किसी प्रकार घटा नहिं सकते । बड़ी बोतल का पानी छोटी बोतल में नहिं समा सकता ।

परीक्षा ११—हम इस बात के सिद्ध करने के लिये एक परीक्षा करते हैं । एक दृढ़ नली में, जो नीचे से बंद हो, कुछ जल भरदो, और उस में एक ऐसी डाट लगा दो कि उसको नीचे दबाने से पानी बाहिर न निकल सके । फिर इस डाट को बल वा बोझ के द्वारा नीचे उतारने और पानी को दबा कर उस का परिमाण घटाने का यत्न करो, तो तुम देखोगे कि पानी का परिमाण कुछ भी नहिं घटता ।

(१९) द्रव पदार्थों के एक परमाणु का दबाओ दूसरे परमाणुओं पर चला जाता है—परीक्षा १२—अब हम थोड़ासा पानी लेकर उसे दो डाटों द्वारा बंद कर देते हैं । यदि हम एक डाट को नीचे दबावें तो दूसरा

चित्र ७

ऊपर उठता है । फिर यदि एक डाट पर एक सेर और दू-

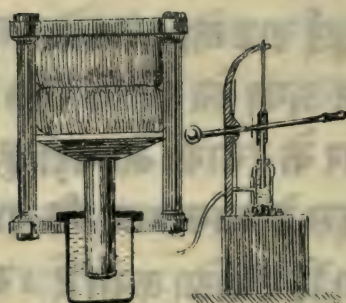
सरी पर भी इतनाहि बोझ रखें तो एकडाट दूसरी के साथ बराबर नली रहेगी, और कोई भी अपने स्थान से न हटेगी ।

परीक्षा १३ — पिछली परीक्षा में दोनो डाटें खड़ी थीं (देखो चित्र ७)। अब ऐसी वक्र नली लो जिस में एक डाट खड़ी और दूसरी पड़ी हुई हो । इस पड़ी हुई डाट पर ५ सेर के बराबर बल लगाओ । अब यदि हम खड़ी डाट पर ५ सेर बोझ रखें तब वह दूसरी डाटसे बराबर नली रहेगी; परन्तु यदि खड़ी डाट पर ६ सेर बोझ रखें तो दूसरी डाट आगे सरकने लगेगी; और इसी प्रकार यदि पड़ी हुई डाट को ६ सेर के बराबर बल से दबावें तो खड़ी डाट ऊपर को उठेगी । सो पानी द्वारा हम खड़ी डाट पर ५ सेर के दबाओ को पड़ी हुई डाट पर पहुंचा सकते हैं । इस से जाना गया कि पानी आदि द्रव पदार्थ प्रत्येक दिशा में दबाओ करते हैं । यह बात पहिले पहिल पास्कल ने मालूम की थी ।

परीक्षा १४ — इस परीक्षा में दोनो डाटें खड़ी हैं परन्तु एक का सिरा दूसरी से दुगुणा है । अब यदि हम छोटी डाट पर ५ सेर बोझ रखें तो बड़ी डाट पर ५ सेर रखने से थामी नहिं रहेगी, किन्तु उसे थामने के लिये बड़ी डाट पर १० सेर बोझ रखना पड़ेगा । इसी प्रकार यदि बड़ी डाट का सिह फल छोटी से तिगुणा हो, तो छोटी डाट पर ५ सेर बोझ बड़ी डाट पर १५ सेर को थाम सकेगा । इस लिये केवल इतना हि नहिं कि एक डाट पर नीचे को दबा-

ओ डालने से दूसरी पर ऊपर को दबाओ उत्पन्न होताहै, किन्तु सारा दबाओ डाट के सिद्ध फल के अनुसार न्यून वा अधिक होताहै, अर्थात जब एक डाट का सिद्ध फल दूसरी के सिद्धफल से तिगुण हो तो दबाओ भी तिगुणा उत्पन्न होगा ।

(२०) ब्रामा प्रेस—— पानी का उक्त गुण अवहारिक कामों में बहुत फलदायकहै । एक बड़े बल वाले यन्त्र में, जिसको पहिले निर्म्माता के नाम से ब्रामा प्रेस कहते हैं, यह गुण बरता जाता है और इसका स्वरूप

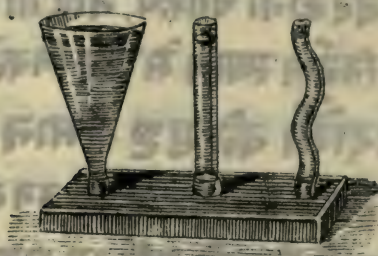
चित्र ८

आठवें चित्र में दिखलाया गयाहै । इस यंत्र में दो बोरे ऊन के रखे हूएहैं । हम उनको दबा कर बहुत छोटा करना चाहतेहैं, कि यदि उनको किसी अन्य देश में लेजाना हो तो जहाज़ वा गाड़ी में बहुत स्थान न रोकें । इस काम के लिये उस में पानी से भरी हूई दो नलियें, एक बड़ी और एक छोटी, इस प्रकार लगी हूई हैं कि एक का पानी दूसरी में आजा सकताहै, और बड़ी नली का मुंह छोटी से सौगुणा अधिक होता है । इस लिये जब

छोटी नली की डाट पर एक मन बोझ रखें तो बराबर तुल-
ने के लिये बड़ी नली की डाट पर १०० मन बोझ रखना पड़े-
गा; अर्थात् बड़ी नली की डाट १०० मन के बल से ऊपर
उठेगी, और उतना ही दबाओ बोरों पर होगा; इसलिये व-
ह दब कर छोटे हो जायें गे। परन्तु ऐसे यन्त्र का प्रत्येक
भाग दृढ़ और बंद होना चाहिये, नहिं तो पानी किसी न
किसी छिद्र वा निर्बल स्थान से फूट निकले गा।

(२१) द्रव पदार्थों की पृष्ठ समान रहती है—
द्रव पदार्थों का दूसरा गुण यह है कि उन की पृष्ठ बराबर
रहती है, और कभी तिरछी नहिं रह सकती, क्योंकि उन
के ऊंचे भाग रगड़ वा सहारा न होने के कारण नीचे को
ढल आते हैं। इस में ज्या मिति जानने वाले का यह प्र-
माण है कि यदि पानी की तल पर सूत्र लटका कर देखें
तो वह उसपर लम्ब की तरह गिरेगा और कहीं तल की
ओर झुकाओ न होगा। हम इस बात को एक बहुत सु-
गम परीक्षा द्वारा सिद्ध करते हैं।

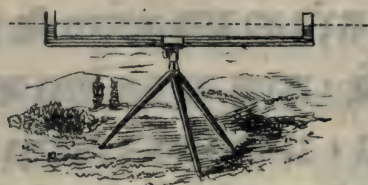
परीक्षा १५—— इस बोतल का सारा पारा लो,
और उसे एक चपटे बर्तन में डाल दो, यहां तक कि उस
के तले को सारा ढांप दे। अब उस बर्तन पर एक सूत्र
लटकाओ, तो वह सूत्र और उस का प्रतिबिम्ब दोनो ए-
क हि सीध में होंगे। इस से जाना गया कि सूत्र पारे की
ओर नहिं झुकता। यदि झुकता तो सूत्र और उसका प्रति-
बिम्ब एक रेखा न बनाते, किन्तु दो रेखाओं की तरह एक
दूसरे की ओर झुके हुये दिखाई देते।

परीक्षा १९ — जब वक्र नलियों में पानी आदि कोई द्रव पदार्थ डाला जावे तो यद्यपि नलियों का कैसा हि आकार हो, पानी की पृष्ठ सब में एक हि ऊंचाई पर होगी। इस बात की प्रतीति कराने के लिये ९ वें चित्र

चित्र ९

की नलियों को केवल पानी से भरना पड़ेगा, और तुम देखलोगे कि सब नलियों में पानी एक हि ऊंचाई पर होगा।

(२२) वाटर् लेवल (हरिज तल दर्शक यंत्र)— अब मैं वाटर् लेवल का वर्णन करताहूं। यदि हम अपनी आंख इस यंत्र की नली के दोनो सिरों में पानी की पृष्ठ की सीध में लगा कर देखें तो मालूम होगा कि हम एक सरल रेखा की सीध में देख रहेहैं, और हमारे आस पास के सब बिन्दु, जिन को हम इस रेखा की सीध में देख सकते हैं, ठीक एक हि तल में हैं; अर्थात् यदि पानी चढ़ आवे तो इन सब बिन्दुओं पर एक हि समय पहुंचेगा। इस बात का जानना बहुत काम आताहै कि कौनसे बिन्दु एक हि तल में हैं। नहर वा रेल की सड़क बनाने वाले को यह बात अवश्य जाननी चाहिये। इसलिये उस को अवश्य

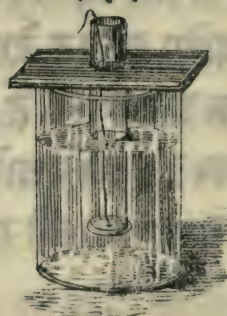
किसी न किसी प्रकार का लेवल अर्थात् हरिज दर्शक वर्तना पड़ेगा । एक प्रकार का लेवल जो अधिक बरता जाता है, उसका नाम स्पिरिट् लेवल है, परंतु जिसका प-

चित्र १०

ह्नो पर वर्णन किया गया है उसको वाटर् लेवल अर्थात् जलीय हरिज दर्शक कहतेहैं ।

(२३) गहरे पानी के दबाओ का वर्णन — अब एक गहरे बर्तन को पानी से भरलो । तुम झट देख लोगे कि नीचे की तहों पर ऊपर की तहों का दबाओ होता है; इसलिये जितनी गहराई पर नीचे की तहें होंगी उतना ही उन पर दबाओ अधिक होगा; अर्थात् जो तहें पानी की पृष्ठ से एक फ़ुट गहरी हैं उन की अपेक्षा से दो फ़ुट गहरी तहों पर दुगुणा दबाओ होगा अथवा यों कहो कि दबाओ सदा पानी की गहराई के अनुसार होताहै ।

परीक्षा २७ — यह दबाओ सब दिशाओं में अर्थात् ऊपर, नीचे और चारों ओर होताहै । इस बात के सिद्ध करने के लिये किसी बर्तन को पानी से भर दो औ एक ओरसे ऊपर के निकट की डाट निकाल दो, तो पानी ऊपर के दबाओ के कारण बाहिर निकलेगा, परंतु

कुछ विशेष वेग के साथ नहिं निकलेगा। फिर नले के पास की डाट निकाल दो; अब पानी का बोझ अधिक होने के कारण दबाओ भी अधिक है, और पानी बड़े वेगसे निकलता है। अभी तक तो पार्श्वों के दबाओ का वर्णन था; अब मैं इस बात के सिद्ध करने का यत्न करूंगा कि ऊपर की ओर भी दबाओ होताहै। काच का एक चौड़ा नल लो, जो दोनों सिरों से खुला हो। उसके निचले सिरे पर एक टीन का पेंदा लगाओ जो ठीक उसके मुंह को ढांप ले; और उसके बीच में एक रस्सी बांधो और नल के बीच में से लेजाकर बाहिर निकालो। फिर रस्सी के सिरे को पकड़ कर इस नल को पानी सेभरे हुए किसी काच के गहरे बर्तन में पानी की पृष्ठ से बहुत नीचे डुबो कर रस्सी को छोड़ दो, पेंदा न गिरेगा, क्योंकि पानी का नीचे से ऊपर को दबाओ है।

चित्र ९

अब नल के अंदर थोड़ा सा नीला पानी डाल दो, तो फिर भी वह पेंदा नल के साथ लगा रहेगा, और केवल उसी समय गिरेगा जब नीला पानी हमरे पानी की पृष्ठ के पास आजायगा। क्योंकि उस समय खुले पेंदे पर बाहिरका दबाओ अंदर के दबाओ के बराबर होजायगा।

यदि तुम किसी नाव में बैठे हो तो तुम शीघ्र ही मालूम कर सकोगे कि गहरे स्थान में पानी का दबाओ बहुत होताहै । एक बोतल में तीन चौथाई पानी भर कर उसमें डाट लगा दो; फिर उस बोतल के साथ लम्बी रस्सी बांधो, और गहरे पानी में जहांतक जाय जाने दो। जिस समय वह ठीक हरी पर पहुंच जायगी तो गहरे पानी का दबाओ इतना बल करेगा कि डाट बोतल के भीतर चली जायगी । और जब तुम उस बोतल को बाहिर खेंच लोगे तो वह पानी से भरी होगी, और डाट उसके अंदर होगी ।

(२४) पानी की तारक शक्ति —— अब हम पानी की तारकशक्ति को यथार्थ प्रकार से जानना चाहते हैं; और इस अभिप्राय से हम एक वा दो परीक्षा करेंगे ।

परीक्षा २८ —— तुम एक तराजू में (जिसका ऊपर बर्णन होचुकाहै) इस पदार्थ को तोलो और कल्पना करो

चित्र १२

कि उसका तोल २००० ग्रेन है । फिर उसी पदार्थ को तराजू के पलड़े के नीचे लगाकर पानी में तोलो, तो अब उस बस्तु का तोल कुछ भी प्रतीत न होगा, और तोल बराबर करने के लिये उस बस्तु वाले पलड़े में १००० ग्रेन का बाट

चढ़ाना पड़ेगा ।

परीक्षा १९—इस परीक्षा से यह न समझना चाहिये कि वह वस्तु पानी में प्रवेश करते हि तोल रहित होजाती है किन्तु उसका तोल वैसा हि रहता है । इस बात के सिद्ध करने के लिये किसी वर्तन में कुछ पानी भर कर एक पलड़े मे रखो और दूसरे मे बाटरख कर तोलो अब वह वस्तु जिसका तोल १००० ग्रेन है पानी में डाल दो । अब पानी वाला पलड़ा बहुत भारी प्रतीत होगा और तोल बराबर करने के लिये दूसरे पलड़े में १००० ग्रेन का बाट डालना पड़ेगा । परंतु उस वस्तु का तोल भी ठीक १००० ग्रेन है । इस से जाना गया कि असल में उस वस्तु का तोल कम नहिं हुआ; अर्थात् बर्तन और उस वस्तु दोनो का तोल केवल बर्तन के तोल से १००० ग्रेन अधिक है; परंतु पानी की तारक शक्ति के कारण प्रतीत होता है कि उस का तोल घट गया है ।

परीक्षा २०—यहां हमारे पास एक पीतल का टुकड़ा है (चित्र १२) जो अपने सांचे में टिका हुआ है । अब हम उसको सांचे से निकाल कर तराजू के दहिने पलड़े में हुक द्वारा दोनों को एक दूसरे के नीचे लगाते हैं; और दूसरे पलड़े में बाट डाल कर तोल पूरा करते हैं (देखो चित्र) । फिर हम उस टुकड़े को पानी से भरे हुए बर्तन में डुबो कर तोलते हैं । अब दहने हाथ का पलड़ा हलका होगया है । असल में पानी में तोलने से पीतल के टुकड़े का तोल कुछ कम होगया है । अब यह देखना

चाहिये कि उसका तोल कितना घट गया है । सो इस बात के जानने के लिये सांचे को जो उस टुकड़े के ऊपर बर्तन से बाहिर लटक रहा है पानी से भर दो । अब तराजू के पलड़े फिर बराबर तुल जांयेंगे । परंतु पीतल का टुकड़ा सांचे में पूरा आजाता है; इस लिये तोल बराबर करने को जितना पानी उस में डाला गया है उसका परिमाण टुकड़े के परिमाण के बराबर है । सो जाना गया कि जब कोई वस्तु पानी में तोली जाय तो उस का तोल उस पानी के तोल के बराबर घट जाता है जिसका परिमाण उस वस्तु के परिमाण के बराबर है ।

(२५) पानी में तैरने का वर्णन — ऊपर के वर्णन से स्पष्ट होगया है कि जब कोई ऐसी वस्तु पानी में डुबोई जाय जो उस पीतल के टुकड़े के समान अपने बराबर परिमाण के पानी से भारी हो तो वह तोल में उतनी घट जाय गी जितना कि उसके परिमाण वाले पानी का तोल हो, परंतु उस का सारा तोल नष्ट नहिं होजाता, क्योंकि वह अपने बराबर परिमाण के पानी से भारी है । इस लिये वह पानी में बैठजायगी ।

परीक्षा २१ — यदि कोई वस्तु अपने बराबर परिमाण वाले पानी के साथ तोल में बराबर हो (जैसे कि १८ वीं परीक्षामें) तो उस को पानी में डालने से ऐसा प्रतीत होगा कि उस का सारा तोल जाता रहा है, और वह न पानी के ऊपर तैरेगी और न नीचे बैठे गी किन्तु उसके बीच में इधर उधर ऐसी फिरेगी कि मानो उस का कुछ भी

तोल नहिं है ।

अब यदि वह वस्तु अपने बराबर परिमाण वाले पानी से हलकी होती तो क्या होता ? तुम पूछ सकते हो कि उसके अपने तोल से अधिक क्यों कर घट सकता है ? हम परीक्षा द्वारा जानना चाहते हैं कि ऐसी अवस्था में क्या होगा ।

परीक्षा ११ — यहां मेरे पास एक लकड़ी का टुकड़ा है जो तोल में अपने बराबर परिमाण वाले जलसे हलका है, और मैं उस को दबाकर पानी के बीच रखदेता हूं; परंतु पानी की तारक शक्ति के कारण ऊपर की ओर पानी का दबाओ लकड़ी के बोझ से अधिक है; इस लिये वह ऊपर को उठ कर पानी पर तैरने लगेगा ।

इन सब परीक्षाओं से यह फल सिद्ध हुए, प्रथम यह कि जब कोई वस्तु पानी में डुबोई जाय तो ज्ञात होता है कि उस का तोल उसके बराबर परिमाण वाले पानी के तोल के बराबर घट गया है; दूसरा, इसी कारण जो वस्तु अपने बराबर परिमाण वाले पानी के तोल से भारी होगी वह पानी के नीचे बैठ जायगी, जो तोलमें बराबर होगी वह न तो पानी में बैठेगी और न उस पर तैरेगी; और जो हलकी होगी वह उसपर तैरने लगेगी ।

(२६) आपेक्षिक घनत्व — अब मैं तुम को दिखाना चाहता हूं कि ऊपर लिखे हुए फलों से एक ऐसी रीति मालूम होती है जिसके द्वारा हम बता सकते हैं कि अमुक वस्तु अपने समान परिमाण के पानी से कितनी

भारी है ।

परीक्षा २३ — कल्पना करो कि वायु में एक सुवर्ण के टुकड़े का तोल १९ रत्ती है । जब उसे पानी में तोलें तो उसका तोल केवल १८ रत्ती प्रतीत होता है, अर्थात् उसमें एक रत्ती की न्यूनता प्रतीत होती है, और यह उसके समान परिमाण वाले पानी के तोल के बराबर है । सिद्ध यह हुआ कि सोने के टुकड़े का असली तोल उस के बराबर परिमाण वाले पानी के तोल से १९ गुणा अधिक है ।

दो हज़ार बरस से अधिक काल हुआ है कि आर्केमिडीज़ नामी एक विद्वान् ने पदार्थों के विशेष गुरुत्व मालूम करने की रीति मालूम की थी । उस का वृत्तान्त यह है कि सिराक्यूज़ के राजा हैरो ने किसी सुनार से सुवर्ण का मुकुट बनवाया । जब वह मुकुट बन चुका तो उस राजा के मन में यह शंका उपजी कि न जानें सुनार ने मुकुट में कुछ चांदी मिला दी हो, परंतु इस बात का निर्णय करने की कोई रीति उसे न सूझी । इसलिये उसने आर्केमिडीज़ को बुलाया । उस दिन तो यह विद्वान् कुछ न बता सका, परन्तु दूसरे दिन जब वह अपने हमाम में नहा रहा था तो अकस्मात् नंगा ही भाग निकला, और "यूरेका यूरेका" (अर्थात् जान लिया जान लिया) पुकारता हुआ चला गया । घर पहुंच कर उसने शुद्ध सुवर्ण का एक टुकड़ा पानी में तोला; प्रतीत हुआ कि वह अपने असली तोल से १९ वां भाग घट गया है । इस लिये उसने जान लिया कि शुद्ध सुवर्ण का असली तोल उसके बराबर परिमाण वाले पानी के तोल से १९

गुण अधिक होता है । तब उसने राजा के मुकुटकीभी इ-
सी रीति से परीक्षा की, और जब उसे पानी में तोल कर दे-
खा तो मालूम हुआ कि वह अपने असली तोल के १९ वें
भाग से अधिक घट गयाहै । इस से जाना गया कि वह
मुकुट शुद्ध सुवर्ण का नहिं । इस प्रकार सुनार की चोरी
सिद्ध होगयी ।

(२७) **अवशिष्ट द्रव पदार्थों की तारक श-
क्ति का वर्णन**— पानी के समान और द्रव पदार्थों
में भी तारक शक्ति होती है, परंतु प्रत्येक द्रव वस्तु में यह
शक्ति न्यूना   धिकहोतीहै । अलकोहल
आदि लघु पदार्थों में यह शक्ति बहुत थोड़ी और पारे आ-
दि भारी पदार्थों में यह शक्ति बहुत होती है । इस बात के
सिद्ध करने के लिये एक पियाले में पारा भर दो, और लो-
हे का एक टुकड़ा पारे की पृष्ठ पर रखदो, तो वह लोहे का
टुकड़ा पारे पर तैरने लगेगा। इससे सिद्ध हुआ कि लोहा
अपने बराबर परिमाण वाले पारे से हलका है । परंतु
सोना पारे से भारी होता है । वस्तुतः पारा अपने बराबर
परिमाण वाले पानी से १३½ गुण और सोना १९ गुण
भारीहोताहै ।

मीठे पानी से खारी पानी भारी होताहै । पलिस्टाई-
न देश में एक झीलहै जिसको झील मुर्दार कहते हैं । इ-
सका पानी बहुत खारी और इसलिये इतना भारी   है
कि उसमें मनुष्य का डूब जाना सर्वथा असम्भव है ।

(२८) **सूक्ष्म नलियों की आकर्षण शक्ति** —

द्रव पदार्थों का विषय पूरा करने से पहिले, हम इस बात का वर्णन करते हैं, कि पानी अपनी पृष्ठ से ऊपर भी चढ़ आताहै ।

परीक्षा २४— यदि हम खांड के डले को इस प्रकार पानी पर रखें कि केवल उसका निचला सिरा पानी के साथ लगारहे तो थोड़े हि काल में वह सारा डला पानी से तर हो जायगा । इसी प्रकार यदि हम ब्लाटिंग पेपर के टुकड़े वा रूई की बत्ती के सिरे को पानी में डुबोयें तो इनके द्वारा भी पानी अपनी पृष्ठ से ऊपर चढ़ आताहै।

परंतु यदि खांड के डले वा रूई की बत्ती को पारे के ऊपर रखें तो वह कभी अपनी पृष्ठ से ऊपर नहिं चढ़ता। इस से जाना गया कि यह दोनो द्रव पदार्थ अर्थात् पानी और पारा इस बात में एक दूसरे से भिन्न हैं । पहिले हम ने देखाहै कि पानी खांड के डले और बत्ती में केवल चढ़ा हि नहिं किन्तु उन पर ठहरा भी रहा; परंतु पारा नतो उन में चढ़ा और न उनको तर किया । इस से सिद्ध हुआ कि पारे और इन वस्तुओं मे इतनी आकर्षण शक्ति नहिं कि पारा उन में चढ़ जाय, परंतु वह सोने और चांदी के साथ चिपट सकता है क्योंकि पारे और इन धातुओं में परस्पर आकर्षणशक्ति बहुत है ।

गैसों के गुण

(२५) वायु का दबाओ— गैस और द्रव पदार्थ कई बातों मेंतो समान हैं परंतु बहुत सी बातों में वे एक दूसरे से भिन्न हैं ।

यथा द्रव पदार्थ की दृष्ट होती है, इस लिये तुम किसी द्रव पदार्थ को बोतल में आधा भर सकते हो, और उसको बोतल में हिला सकते हो । परन्तु ग्यास को इस प्रकार नहिं कर सकते । यदि तुम थोड़ी सी ग्यास किसी बोतल में डालो तो वह सारी बोतल में फैल जायगी, किसी एक भाग में न रहे गी, क्योंकि उस में यह गुण है कि यदि उसे शून्य बर्तन में डालें तो उसे तत्काल भर लेती है ।

परीक्षा २५ —— मैं इस बात को एक आसान परीक्षा द्वारा सिद्ध कर सकता हूं । यहां मेरे पास एक य पर पंप अर्थात् वायुनिःसारक यन्त्र है । इस यंत्र का आगे चल कर शरार वर्णन करेंगे । यहां पर केवल इतना हि कहना चाहिये कि इस यन्त्र द्वारा किसी बर्तन से वायु निकाल सकते हैं । एक रबर के गोले को जिस में वायु हो इस यंत्र पर रख कर काच के बर्तन से ढांप दो; फिर इस में से वायु निकाल दो, और देखो कि क्या फल होता है । रबर के गोले में वायु है, परंतु उसके आस पास वायु नहिं रहा, इस लिये गोले का वायु शून्य स्थान को भर देने का यत्न करता है, और तुम देखते हो ज्युं ज्युं वायु बर्तन से निकलता जाता है गोला फूलता जाता है । और यदि वायु को फिर उस बर्तन में आने दें तो गोला सकड़ कर अपनी असली अवस्था पर आ जायगा ।

परीक्षा २६ —— उक्त परीक्षा को इस प्रकार भी कर सकते हैं कि उस यंत्र पर एक काच का मर्तबान रख दो, और उस के मुंह को रबर के टुकड़े से बांध दो; फिर म-

चित्र १३

र्तन से वायु निकाल दो, तो बाहिर का वायु शून्य बर्तन में प्रवेश करने के लिये रबर पर दबाओ उत्पन्न करेगा, और यहां तक दबा येगा कि वह परीक्षा के पूरा होने से पहिले फट भी जायेगा।

(३०) वायु का गुरुत्व— ऊपर की दोनो परीक्षाओं से स्पष्ट प्रतीत हो जाता है कि वायु शून्य स्थान में प्रवेश करने का बड़ा यत्न करता है; और यद्यपि किसी बर्तन से सारा वायु निकाल देना तो अति कठिन है, तथापि बहुतसा भाग निकाल सकते हैं। यथा १४ वें चित्र में एक काच का बर्तन ऐसा बना हुआ है कि उस पर पंप अर्थात् वायुनिःसारक द्वारा उस में से प्रायः सारा वायु निकाल सकते हैं। सो तोलने से मालूम होजाय गा कि वायु से भराहुआ बर्तन शून्य वर्तन से भारी होताहै इस से जाना गया कि वायु में गुरुत्वहै।

चित्र १४

परीक्षा २७ — अब एक हलकी डिबिया तराजू की डंडी से लटका कर उसका गुरुत्व मालूम करो तो इस में डिबिया के गुरुत्व के साथ वायु का गुरुत्व भी होगा ।

परीक्षा २८ — फिर उसी डिबिया में एक भारी ग्यास जिसका नाम कार्बानिक एसिड ग्यास है, और जिस के बनाने की विधि रसायन तत्व के (३३) में लिखी है, भरदो । कार्बानिकएसिड ग्यास भारी होने के कारण वायु को डिबिया से निकाल आप उस में रह जायगी । अब इस डिबिया का तोल पहिले से अधिक होगा । इस से जाना गया कि कई ग्यासें औरों से भारी होती हैं ।

परीक्षा २९ — हाईड्रोजन सब ग्यासों से हलका है; इस लिये अब डिबिया को औंधा करके लटका दो, और उसे हाईड्रोजन से भरदो, इस ग्यासके बनाने की विधि रसायनतत्वके (१७) में वर्णनहो चुकी है । हाईड्रोजन वायु से हलका होने के कारण वायु को निकाल कर आप डिबिया में प्रवेश करजायगा; और वह डिबिया पहिले से हलकी प्रतीतहोगी । परंतु ऐसी नहिं कि मानो शून्य है । इस से जाना गया कि यद्यपि ग्यास के परमाणु सदा एक दूसरे से अलग होना और वर्तन में फैलना चाहते हैं तथा पि पृथ्वी की आकर्षण शक्ति के कारण उन में गुरुत्व होता है । इसी लिये वायु पृथ्वी के वश में है और उसे छोड़ कहीं नहिं जा सकता, किंतु उस के चारों ओर समुद्र की भांत फैला हुआ है, और इस वायवीय

समुद्र के नीचे हम सब चलते फिरते हैं ।

वायवीय समुद्र और जल का समुद्र दबाओ और गुरुत्व की अपेक्षा से सदृश हैं, और हम ११ में कह आये हैं कि पानी का दबाओ किसी बर्तन के पेंदे पर उसके गहराओ के अनुसार होता है, इस लिये बड़े गहरे पानी में दबाओ भी बहुत होता है, और परीक्षा ७ में हम देख चुके हैं कि यह दबाओ सब दिशाओं में असर करता है ।

अब यदि तुम को यह कहा जाय कि तुम पर वायु का बहुत दबाओ रहता है, तो तुम अवश्य यह प्रश्न करोगे कि यह दबाओ हम को क्यों नहिं प्रतीत होता ? इस का उत्तर यह है कि वायु के दबाओ का असर भी सब दिशा में अर्थात ऊपर, नीचे, और चारों ओर होता है । यथा इस कागज़ के टुकड़े पर वायु का दबाओ केवल उसके ऊपर को ही नहिं, किन्तु नीचे को भी असर करता है, इसको ऐसी आसानी से इधर उधर लेजा सकते हैं कि मानों इस पर वायवीय समुद्र का कुछ भी दबाओ नहिं; और इसी कारण हम लोगों को भी उसका दबाओ प्रतीत नहिं होता । यह वायु का दबाओ अगली परीक्षा से अच्छी प्रकार प्रतीत होजायगा ।

परीक्षा ६— यहां दो अर्द्धगोल हैं जो एक दूसरे के साथ ठीक जम जाते हैं । अब इन को एक दूसरे के साथ लगाकर नीचे के पेंच को मरोड़ दो तो वह खेंचने से अलग होजायेंगे । अब तुम पूछ सकते हो कि वायु के दबाओ से यह अर्थ गोल जुड़े क्यों नहिं रहते ?

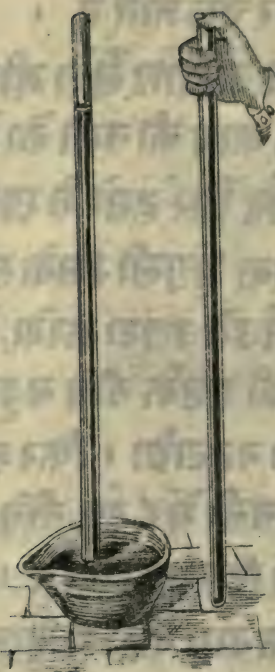
चित्र १९

इसका यह कारण है कि उन के अंदर भी वायु भरा हुआ है और वह बाहिर के वायु के बराबर और प्रति कूल दबाओ उत्पन्न करता है । अब इन दोनो अर्ध गोलों को वायु निःसारक यंत्र पर लगा कर उनमें से वायु निकाल लो और फिर पेच मरोड़ कर यंत्र से अलग कर लो । अब उन को खेंच कर अलग करना बहुत कठिन होगा, क्यों कि बाहिर का वायु उनपर दबाओ करता है परंतु उनके अंदर वायु नहिं जो इस दबाओ को रोके ।

अब वायु एक द्रव पदार्थ है, और उस में गुरुत्व भी है, इस लिये तारक शक्ति भी उस में कुछ होती है; परंतु पानी जितनी नहिं होती । सो यदि एक रेशम के बड़े थैले में कोइले की गास वा हाईड्रोजन भर दें तो वह अपने बराबर परिमाण वाले वायु से हलका होने के कारण ऊपर को चढ़ेगा । ऐसे थैले को बेलून वा व्योमयान कह-

ते हैं; और यदि बहुत बड़ा हो तो उस के साथ एक छोटी सी नाओ बांध देते हैं और इस में बहुत से लोग बैठ कर व्योमयान के साथ ऊपर चढ़ जाते हैं।

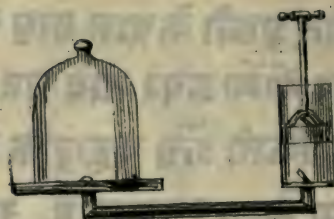
(३१) वायु मापक अर्थात् बैरोमीटर — परीक्षा ३१ — अब एक कांच की नली लो जो ३६ इंच लम्बी और एक सिरे से बंद और दूसरे से खुली हो। इस को पारे से भरदो। अब एक अंगुली उसके मुंह पर रख कर पारे से भरे हुए बर्तन में उसे उलटा करदो, और जब तक कि नली का मुंह पारे की पृष्ठ के नीचे न डूब जाय, तब तक अंगुली को वहां से न हटाओ। फिर अपनी अंगुली निकाल लो, तो पारा नली में ६ इंच नीचे उतर आवेगा, जैसा कि १९ वें चित्र में दिखाया गया है। यहां शायद कोई यह समझे गा कि वायु नली में चढ़ गया है, परंतु असल में वहां कुछ नहिं। अब तुम यह पूछ सकते हो कि वायु जो सब ओर दबाओ करता है और इस पारे की पृष्ठ पर भी दबाओ उत्पन्न करता है, पारे को दबा कर इस शून्य स्थान में क्यों नहिं चढ़ा देता? इस का यह उत्तर है कि वायु का दबाओ केवल ३० इंच पारे के बोझ को सहार सकता है, इस से अधिक नहिं। पारे का बोझ जो नीचे को दबाओ करता है वायु के दबाओ के बराबर है; इस लिये न तो पारा अपने दबाओ से नीचे उतर सकता है और न वायु के दबाओ से ऊपर चढ़ सकता है; और नली के ऊपर कुछ स्थान शून्य रहेगा। इस नली को बैरामीटर अर्थात् वायुमापक कहते हैं। उलिखित प-

चित्र १६

रीक्षा को पहिले पहिल इटली देश के विद्वान् टारीचि-
ली ने कियाथा; इसी कारण नली के ऊपर के भाग में
जो शून्य स्थान रहता है उस को टारि चेलिक शून्य कह-
ते हैं । ऐसे यन्त्रों में इंचों का एक पैमानालगा रहताहै,
और उसके द्वारा नली में पारे की ऊंचाई बर्तन के पारेकी
पृष्ठ से ठीक मालूम होसकती है ।

(३२) वायुमापक के फल— इस यंत्र से ब-
हुत से फल सिद्ध होते हैं । पहाड़ों की ऊंचाई इस यंत्र
द्वारा मालूम हो सकती है । (२३) में वर्णन होचुका
है कि यदि किसी गहरे बर्तन में पानी भरा हो तो—

उसके पेंदे पर बहुत दबाओ होताहै परंतु पानी की पृष्ठ के पास दबाओ थोड़ा होताहै । वायु में भी यही बात पायी जाती है, अर्थात् पृथ्वी के पास वायु का दबाओ अधिक होता है और ज्यों ज्यों ऊपर जायें यह दबाओ कम होता जाता है । यदि किसी ऊंचे पहाड़ के शृंग पर चढ़ें तो वायुका दबाओ थोड़ा रहजाताहै; इस लिये वहां वायु मापक का पारा पहाड़ की ऊंचाई के अनुसार ३० इंच के स्थान केवल २० वा २५ इंच नली में रहजाता है; और ज्यों ज्यों इस यंत्र को ऊपर लेते जायंगे उतना हि नली में पारा नीचे उतरता जायगा; और फिर गणित द्वारा पहाड़ की ऊंचाई मालूम होसकती है; इस यंत्र द्वारा आंधी वा वर्षा आदि काभी कुछ ज्ञान होसकता है । जब पारा नली में नीचे उतर आवे, और विशेष करके जब बहुत शीघ्र नीचे उतरने लगे तो आंधी वा वर्षा आदि की आशा रखनी चाहिये । परंतु जब पारा नली में ठेरा रहे वा ऊपर चढ़ता जाय तो बादल नहिं आते ।

(३३) एयर पंप वा वायु निस्सारक यंत्र—पीछे कहा गया है कि हम इस यंत्र के द्वारा किसी बर्तन में से वायु निकाल सकते है । १७ वां चित्र देखने से इस यंत्र का कर्म और बर्तने की रीति अच्छी प्रकार मालूम होजायगी । इस चित्र में बांई ओर एक काच का बर्तन ऊपर से बन्द एक पीतल के साफ तख्ते पर मोम वा चर्वी से जमाया गया है; और तख्ते के मध्य से पीतल की नली जिसका मुंह बर्तन के अंदर खुला-

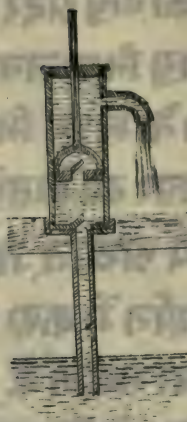
चित्र १८

है एक पीतल के चौड़े नलसे दहने हाथ पर मिली हु-
ई है; और उस के मुंह पर इस नल के अंदर एक ढकना
लगा हुआ है जो केवल ऊपर को खुलता है। चौड़े नल
में एक दस्ते वाली डाट लगी हुई है, और इस में एक छिद्र
है, जिसका ढकना उसी प्रकार ऊपर को खुलता है।
सो जब डाट ऊपर को खेंची जायगी तो चौड़े नल में शून्य-
ता उत्पन्न होगी। परंतु (२९) में वर्णन हो चुका है कि वा-
यु सब ओर से शून्य स्थान में प्रवेश करने का यत्न कर-
ता है। इस लिये बाहिर के वायु के दबाओ से डाट का ढ-
कना बंद रहेगा; और बर्तन का वायु दूसरे ढकने को
ऊपर उठा कर चौड़े नल में आजायगा, क्यों कि वह नल
वायु शून्य है। फिर जब वह डाट ऊपर से नीचे को दबा-
ई जावेगी तो चौड़े नल के वायु पर दबाओ उत्पन्न होगा,
और इस दबाओ से नीचे का छिद्र बंद रहेगा, और डाट
का छिद्र खुल जायगा और उसमें से नल का सारा वायु
बाहिर निकल जायेगा। इसी रीति से बर्तन का प्रायः सा-
रा वायु निकाल सकते हैं। इस यंत्र द्वारा यथार्थ सिद्धि न-

भी होसकती है जब कि डाट बड़े नल में कस कर आती हो; नहिं तो बाहिर का वायु अंदर घुस जायगा; और इस प्रकार भीतर का वायु निकालना असंभव होजायगा। और यद्यपि इस यंत्र के स्वरूप भिन्न २ होते हैं परंतु सब का कर्म एक हि प्रकार का होताहै ।

(३४) वाटर् पंप अर्थात् जलोत्सारक यंत्र —

वायु मापक के वर्णन में कहा गया है कि वायु केवल ३० इंच पारे को उठा सकता है । परंतु पानी अपने बराबर परिमाण के पारे से बहुत हलका होता है, इस लिये वायु पानी के बहुत से ऊंचे दण्ड को उठा सकता है । वस्तुतः वह पानीको ३० फ़ुट की ऊंचाई तक उठा सकता है ।

इससे तुम वाटर पंप की चाल और क्रिया को अच्छी प्रकार समझ जाओगे । इस यंत्र का तराशा १९ वें चित्र में बना हुआहै । इसके नीचे एक जलाशय है जिस का पानी हम ने ऊपर चढ़ाना है । इस यंत्र के बड़े नल के साथ एक छोटी नली लगी हुई है । उसके मुख पर एक ढकना ऊपर को खुलता है; और उस नल में एक डाट लगी हुई है । इस डाट में एक छिद्र है, जिस का ढकना ऊपर को खुलता है । इस जलोत्सारक यंत्र के नल में वैसी हि घटना है जैसी कि वायुनिस्सारक के बड़े नल में थी । इस लिये जब डाट ऊपर को खेंचें तो जलोत्सारक यंत्रके नल में सून्यता उत्पन्न होगी, और बाहिर के वायु के दबाओ से डाट का छिद्र अच्छी प्रकार बंद

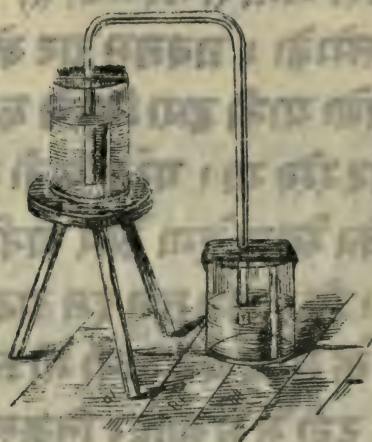
चित्र १८

रहे गा, और निचले नल का वायु निचले छिद्र का ढक-
ना खोल कर उस शून्य स्थान में प्रवेश करेगा । जब हम
डाट को नीचे दबावें गे तो निचला छिद्र बंद होजायगा,
और डाट का छिद्र खुल जायगा और इस में से वायु बा-
हिर निकल जायगा, असल में हम बड़े और छोटे नल
में से वायु निकालतेहैं । परंतु देखना चाहिये कि ज-
लाशय के पानी का क्या हाल है ! पानी पर बाहिर के
वायु का दबाओ तदवस्थ है; परंतु ज्योंज्योंनल का वायु
बाहिर निकलता जाता है त्योंत्योंअंदर दबाओ के कम हो-
जाने के कारण बाहिर का वायु पानी को नलीमें ऊपर
चढ़ाता जाताहै; यहांतक कि जबसारा वायु निकल
जायगा तो सारी नली पानी से भर जायगी । फिर य-
ह पानी निचले छिद्र द्वारा बड़े नल में प्रवेश करेगा।
परंतु यदि निचला छिद्र पानी की सतह से ३० फीट से

अधिक ऊंचा हो तो ऐसा नहिं होगा, क्यों कि हम अभी बता चुके हैं कि वायु का दबाओ ३० फीट ऊंचे पानी के दराड को उठासकता है, इस से अधिक नहिं। सो यदि नल से पानी की पृष्ठ ३१ फीट से अधिक दूर हो तो पानी बड़े नल में कभी प्रवेश न कर सके गा। परंतु यदि दूरी २६ वा २७ फीट से अधिक नहो तो यह यंत्र अच्छे प्रकार चलेगा, और पानी नल में घुस आयगा। कल्पनाकरो कि नल पानी से भर गया है, और तुम डाट को नीचे दबाने लगे हो। जबतुम डाट को नीचे दबाओ गे तोयह दबाओ पानी द्वारा निचले ढकने तक पहुंच कर उसको बंद करे गा। परंतु पानी का दबाओ ऊपर के ढकने को खोल देगा और पानी डाट के ऊपर चढ़जायगा। फिर जब तुम इस डाट को ऊपर उठाओ गे तो उस के साथ यह पानी भी ऊपर उठआवेगा यहां तक कि टूटी में से बाहिर निकल जायगा।

परीक्षा ३२— यदि इस यंत्र का नल काच का होता तो तुम उसका व्यापार अपनी आंख से देखसकते। जब डाट को ऊपर वा नीचे करते तो ढकने खुलते और बंद होते दिखाई देते और पानी ऊपर चढ़ता हुआ दिखाई देता। परंतु डाट ढीली नहिं होनी चाहिये नहिं तो बाहिर का वायु जलोत्सारक की नली में प्रवेश कर जायगा, और उस के व्यापार को रोके गा। प्रायः जब यह कुछ काल वर्ता जाने के विना पड़ा रहता है, तो डाट के गिर्द का चमड़ा सूख जा-

ता है। इसलिये डार ढीली और यंत्र निकम्मा होजाता है। ऐसी अवस्थाओं में डार आदि पर पानी डालना चाहिये; तब वह भीगकर ठीक होजाता है।

(३५) साईफन् अर्थात् वक्रनल— इस विषय को शुरू करने से पहिले एक और यंत्र का भी वर्णन किया जाताहै। इसयंत्र का नाम साईफन वा व-

चित्र १९

क्र नल है, और इस का कर्म्म और व्यापार जलोत्थारक यंत्र की तरह वायु के दबाओ के आश्रय होताहै। इस प्रकार के नल द्वारा जल आदि वस्तु को किसी ऊंचे बर्तन वा स्थान से किसी नीचे बर्तन वा स्थान में लेजाते हैं। पहिले इस नल के दोनो सिरे ऊपर को करके और छोटी भुजा के मुंह पर अंगुली रख कर उसे पानी से भर दो; फिर इसी अवस्था में औंधा करके इसकी छोटी भुजा के मुंह को ऊंचे बर्तन के जल की

पृष्ठ से नीचे डुबो दो, फिर अंगुली हटा लो; तो उसबर्तन का पानी धार बांधकर नीचे के बर्तन में चला आवेगा, और नल की छोटी भुजा ऊपर वाले बर्तन के पेंदे तक पहुंच जाय तो सारा पानी निकल आवेगा ।

गति वाले पदार्थ

(३६) प्रयत्न—— इस पुस्तक के आरंभ में वस्तुओं की अवस्था और स्वभावों का वर्णन हो चुका है और यह भी लिखागया है कि तोप के गतिवाले गोले और स्थित गोले, तथा उष्ण और शीत गोले में बहुत भेद है । इस पुस्तक का एक बड़ा उद्देश्य यह है कि जड़ पदार्थों की इन अवस्थाओं और स्वभावों के परिणामों का भी कुछ ज्ञान हो । इस पुस्तक के आरंभ में इस बात का वर्णन करना युक्त नथा क्योंकि पहिले उन वस्तुओं के तत्व का ज्ञान अवश्य होना चाहिये । परंतु अब तुम कठिन, द्रवऔर वायवीय पदार्थों को अच्छी प्रकार समझ गये हो । इस लिये अब वस्तुओं की अवस्था और स्वभाव के परिवर्तन का वर्णन करना योग्य है । पहिले हम कह आये हैं कि कभी पदार्थों में बड़ा प्रयत्न होता है जैसाकि तोप के गतिवाले गोले में, और कभी वह सर्वथा प्रयत्न शून्य होतेहैं जैसे तोप का स्थितगोला।अब हम उन अवस्थाओं का वर्णन करेंगे जिन में वस्तु प्रयत्न से पूर्ण होते हैं । पदार्थ उस समय प्रयत्न से पूर्ण होता है जब वह प्रत्यक्ष गति वाला हो वा थरथराता हो वा उष्ण हो वा उद्भूत विद्युत हो।

इस लिये हम सारे प्रयत्न वाले पदार्थों को इनही चार प्रकारों मे विभक्त करेंगे। सब से पहिले हम उन वस्तुओं का वर्णन करेंगे जो प्रत्यक्ष गतिवाले हैं; और इसी प्रकरण में इस बात का भी वर्णन किया जायगा कि उक्त वस्तु किस प्रकारसे व्यापार करते हैं। इस के पीछे ऐसे वस्तुओं का वर्णन किया जायगा जोथरथराने वाले हैं यथा मृदङ्ग, और घंटा आदि; और इसी प्रकरण में शब्द के विषय में भी कुछ कहा जायगा। इस के अनंतर उष्णपदार्थों का वर्णन किया जायगा और इसी प्रकरण में तेज के विषय में भी कुछ कहा जायगा, और अंत में जब अद्भुतविद्युत् पदार्थों का प्रसङ्ग चलेगा तो तुम उस गुप्त और आश्चर्य पदार्थ के विषय में कुछ सुनोगे जिस को विद्युत् कहते हैं। हम इस छोटे से पुस्तक में वस्तुओं की भिन्न भिन्न अवस्थाओं और विविध प्रकार के प्रयत्नों का जो कभी २ इन में प्रकट होतेहैं पूरा पूरा वर्णन नहिं कर सकते, परंतु इन का संक्षेप से वर्णन किया जायगा, और तुम को यह भी बताया जायगा कि यह विषय बड़ा फल दायक है।

(३७) कर्म्म का लक्षण— जब हम कहते हैं कि यह पुरुष प्रयत्न से पूर्ण है, तो हमारा यह अभिप्राय होता है कि वह पुरुष कर्म्म करने की शक्ति से पूर्ण है; और जब हम कहते हैं कि यह वस्तु प्रयत्न से पूर्ण है तो तब भी हमारा यही अभिप्राय होता है कि यह वस्तु कर्म्म करने की शक्ति से पूर्ण है। इस लिये

किसी वस्तुके प्रयत्न का परिमाण उस कर्म द्वारा होता है जो उक्त वस्तु प्रयत्न के समाप्त होने तक करसकती है । अब यदि हम एक पौण्ड बोझ को एक फ़ुट ऊंचा उठायें, तो हम कुछ कर्म करते हैं, परंतु यदि हम उसे २ फ़ुट ऊंचा उठायें तो कर्म उस से दुगुणा होता है, और तीन फ़ुट उठायें तो तिगुणा इत्यादि । इस लिये यदि हम उस कर्म को जिस के द्वारा एक पौण्ड बोझ को एक फ़ुट ऊंचा उठा सकते हैं एक कहें, तो उस बोझ को ३ फ़ुट ऊंचा उठाने के कर्म को ३ कहेंगे ।

तथा किसी ऊंचाई पर दो पौण्ड उठाने का कर्म उसी ऊंचाई तक एक पौण्ड बोझ उठाने के कर्म से दुगुणा है; और इसी प्रकार दो पौण्ड बोझ को ३ फ़ुट ऊंचा उठाने का कर्म ६ होगा । यह सिद्ध हुआ कि पौण्डों को फ़ुटों की संख्या से गुणा दो, लब्ध फल कर्म होगा ।

अब कल्पना करो कि हम एक तोप का मुंह ठीक ऊपर को करके १०० पौण्ड का गोला चलायें और उसका वेग इतना हो कि उसे ठीक १००० फ़ुट की ऊंचाई तक ले जा सके । अब हम झट कह सकते हैं कि तोप चलाने के समय गोले में कितना प्रयत्न था । उसमें इतना प्रयत्न था जिस के द्वारा १०० पौण्ड बोझ १००० फ़ुट की ऊंचाई तक जासकता है, अर्थात् इतना प्रयत्न था कि जिसके द्वारा १०० × १००० वा १००, ००० के बराबर कर्म हो सकता है । अब यदि हम उस तोप में कुछ अधिक बारूद डाल दें तो गोला अधिक वेग से वा-

हिर निकले गा । कल्पना करो कि अब वह गोला लौटनेसे पहिले १५,०० फुट ऊपर चढ़ सकता है, इस लिये उसमें इतना प्रयत्न है कि जिस के द्वारा वह १००×१५०० = १५०,००० के बराबर कर्म्म कर सकता है । तुम देखते हो कि जितने वेग से गोला चलेगा उतना हि अधिक ऊंचा जायगा और उतनाहि अधिक कर्म्म करेगा, और इस लिये उतनाहि उस में प्रयत्न भी अधिक होगा ।

(३८) कर्म्म जो गति वाले पदार्थ करते हैं —

इस पुस्तक में मैं इस विषय का पूरा पूरा वर्णन नहिं करसकता, परंतु मैं तुम को बताऊं गा कि यदि कोई वस्तु दुगुणे वेग से ऊपर फेंकी जाय तो दुगुणी ऊंचाई तकहि नहिं किन्तु चौगुणी ऊंचाई तक चढ़ेगी— और तिगुणे वेग वाली वस्तु तिगुणी नहिं किन्तु नौगुणी ऊंचाई तक जाये गी— इत्यादि ।

अब तुम जान गये हो कि दुगुणे वेग वाला तोप का गोला चौगुणा कर्म्म करेगा । गोला कितनी दूर आकाश में जाता है केवल इतनी बात को देख कर कर्म्म का परिमाण नहिं मालूम होता, किंतु और और रीतियों से भी मालूम होसकता है । यथा बहुत से लकड़ी के तखतों को एक दूसरे के पीछे लगाकर उन पर गोला मारो, तो देखोगे कि दुगुणे वेग वाला गोला चौगुणे तखतों को और तिगुणे वेग वाला गोला नौगुणा तखतों को वींध कर पार निकल जायगा;

अर्थात् दुगुणे वेग वाला गोला एक गुण वेग वाले गोले की अपेक्षा से चौगुणी विनाशक शक्ति रखताहै; और चाहे जिसप्रकार से उस के प्रयत्न का परिमाण करें उस का प्रयत्न दुगुणाहि सिद्ध होगा ।

(३५) स्थिति की अवस्था में प्रयत्न— यह स्पष्ट प्रतीत होता है कि जिस वस्तु में वहुत गति होतीहै उस में कर्म्म करने की शक्ति भी अधिक होती है, परंतु कई बार स्थिति की अवस्था में भी प्रयत्न होता है; कोई पुरुष निकम्मा बैठा है, परंतु जब वह कर्म्म करने लगे तो वहुत कुछ कर सकता है, कल्पना करो कि दो बराबर बल वाले मनुष्य पत्थरों से लड़ते हैं, और दोनों के पास पत्थरों का एक एक ढेर है, परंतु एक अपने ढेर समेत कोठे पर खड़ा है और दूसरा अपने ढेर समेत नीचे है । अब यदि तुम से यह पूछा जाय कि कौन जीतेगा तो तुम झट कह दोगे कि कोठे वाला । अब मैं पूछता हूं कि उस में क्या अधिक है ? उस में दूसरे की अपेक्षा से बल वा प्रयत्न अधिक नहिं— तो उस के पत्थरों में कुछ विशेष है । और यह वात स्पष्ट प्रतीत होती है, क्योंकि उसका ढेर ऊंची जगह है । नीचे के मनुष्य की अपेक्षा से उस में कुछ अधिक प्रयत्न नहिं; परंतु उस के पत्थरों के ढेर में नीचे के ढ़ेरसे अधिक प्रयत्न है । अब तुम देखते हो कि ऊंचे स्थान पर होने के कारण पत्थरों में प्रयत्न होगया है, वस्तुतः वह कर्म्म करने के समर्थ हैं चाहे व-

हकर्म्म कुछ सिद्ध करे वा बिगाड़े । अब कल्पना क-
रो कि दो पनचक्कियें हैं, और एक का जलाधार उस
से ऊंचे स्थान पर है, और दूसरी का नीचे स्थान पर । अ-
ब कौन सी चक्की चल सकेगी ? तुम झट कह दोगे
कि जिसका जलाधार ऊंचे स्थान पर है, क्योंकि पानी के गि-
रने से चक्र फिरता है । इस से मालूम हुआ कि ऊंचे स्थान पर
का जलाशय बहुत कर्म्म करता है, यथा अन्न का पीसना, ल-
कड़ी का चीरना और खराद उतारना आदि । परंतु जो जला
धार नीचे स्थान पर है उस से कोई कर्म्म नहिं हो सकता ।

अब एक पन चक्की को जो पानी से चलती है एक
पौन चक्की से जो वायु से चलती है मिला कर देखो ।
वायु पूर्वोक्त तोप के गोले के समान है, यद्यपि उतनी
शीघ्र गति उसमें नहिं है; उसका प्रयत्न भी एक गति
वाले पदार्थ जैसा है । वस्तुतः वायु पौनचक्की की
भुजा और पट्टों के साथ लगकर उन को घुमाता है।
यदि हम तीव्र वायु में एक पंख फेंक दें तो वह उड़जा-
यगा । पनचक्की में एक गुण अधिक है, क्योंकि पौ-
नचक्की के लिये वायु की प्रतीक्षा करनी पड़ती है, परं-
तु पनचक्की में यह बात है कि यदि जलाशय बड़ा हो
तो जब हम चाहें इस चक्की को चला सकते हैं । हम
अपने प्रयत्न के खज़ाने को अकट्ठा कर रखते हैं,
और जब चाहें उसे बर्त सकते हैं । वस्तुतः गतिवाले
पदार्थ का प्रयत्न नकद रुपैये की तरह है जिस को
हम अब खर्च कर रहे हैं, परन्तु ऊंचे स्थान पर के पानी

का प्रयत्न ऐसे रुपैये की तरह है जो बंक में रखा है; जब चाहें उसे लेकर वर्त सकते हैं ।

थरथरानेवाले पदार्थ ।

(४०) शब्द— जो वस्तु अपना स्थान बदल रही हो वह गति की अवस्था में है परंतु इस से यह न समझना चाहिये कि प्रत्येक वस्तु जो गति की अवस्था में हो सारी की सारी अपना स्थान बदलती है । जैसे लाटू जो बड़े वेग से घूमता हो, गति वाला तो होता है परन्तु एकही स्थान पर रहता है ।

परीक्षा ३३— यह एक लोहे की तार है जिस का एक सिरा काठ के टुकड़े से लगा हुआ है; अब दूसरे सिरे को अंगुली से छेड़ दो तो वह बहुत वेग से आगे पीछे हो कर हिलने तो लगेगी परंतु सारी की सारी अपने स्थान को न बदलेगी । सो जब किसी

चित्र २०

तार के परमाणु इस प्रकार आगे पीछे गति करते हैं तो उस को थर थराना कहते हैं । इसी प्रकार जब कोई घंटा वा ढोल बजाया जावे अथवा किसी बीणा की तार को छेड़ें तो उस के परमाणु भी थरथराने ल-

गते हैं, जो पदार्थ एक जगह से दूसरी जगह गति करता है, उस में तो कर्म करने की शक्ति होती है; परंतु थरथराने वाले पदार्थ में भी यह शक्ति होती है; सो ऐसे पदार्थों के परमाणु भी एक ओर से दूसरी ओर गति करते हैं, और यदि तुम इन्हें ठहराना चाहो तो उन से अवश्य तुम को धक्का लगेगा। यदि कोई वस्तु उनके पथ में हो तो उस को भी धक्का लगेगा— वायु उन के पथ में है, और उस को धक्का लगता है। जितनी बार इस तार का सिरा फिर कर आता है, उतनी बार ही वायु को धक्का वा प्रहार लगता है। वस्तुतः थरथराने वाली वस्तु थोड़े से काल में वायु को बहुत से प्रहार लगाती है। जब वायु पर प्रहार होता है तो वायु इस प्रहार को चुप चाप नहिं सहारता, किंतु वह भी अपने आस पास के वायु पर उसी तरह प्रहार करता है, और फिर यह वायु अपने पास के वायु पर, ऐसे पहुंचते पहुंचते वह प्रहार जो वायु पर हुआ था बहुत दूर तक चला जाता है। अंत को यह प्रहार हमारे तुम्हारे कानों तक पहुंचता है। यह प्रहार हमारे कान के परदे पर इतने वेग से नहिं लगता कि हम नीचे गिर पड़ें, और इसी लिये हम इस को प्रहार नहिं बोलते किंतु यह कहते हैं कि हमारे कानों में शब्द आया है— अर्थात हम शब्द सुनते हैं।

(५१) शोर और राग— जब कोई वस्तु वायु को एक ही प्रहार करे (जैसा तोप का गोला) तो वा-

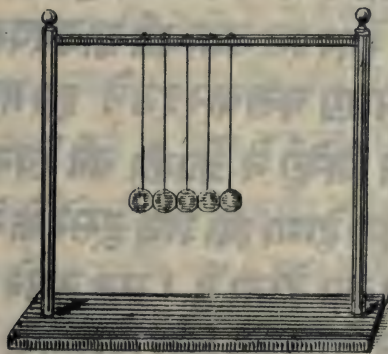
यु इस प्रहार को हमारे कानों तक लाता है, और हम कहते हैं कि हमें शोर सुनाई देता है । परंतु यदि वायु को लगने वाला पदार्थ थरथराता हो, और एक सेकण्ड में बहुत से छोटे छोटे प्रहार करे तो वायु इन को हमारे कानों तक पहुंचाता है, और हमारे कान पर भी एक सेकण्ड में उतने ही प्रहार लगते हैं; और हम कहते हैं कि राग सुनाई देता है । अब तुम जान गये हो कि हमारे कान को यदि एक प्रहार लगे तो उस को हम शोर कहते हैं, परंतु जब बहुत से छोटे छोटे प्रहार बराबर अंतर पर हमारे कानों को लगें तो राग सुनाई देता है । तथा थरथराने वाला पदार्थ जो वायु के कांपने का कारण है, एक सेकण्ड में वायु को थोड़े ही प्रहार पहुंचाये, तो वायु भी एक सेकण्ड में कानों पर उतने ही प्रहार करे गा, तो इस अवस्था में एक नीचा स्वर सुनाई देगा । परंतु यदि थरथराने वाली वस्तु जलदी कांप कर एक सेकण्ड में वायु को बहुत से प्रहार लगाये तो वायु भी उतने ही प्रहार हमारे कानों तक पहुंचायेगा, तो इस अवस्था में हम ऊंचा स्वर कहेंगे । इस से जाना गया कि यदि एक सेकण्ड में थोड़े से प्रहार कानों तक पहुंचें तो गम्भीर नीचा स्वर, और यदि उतने ही काल में बहुत से प्रहार पहुंचें तो ऊंचा स्वर सुनाई देगा । ऊंचे से ऊंचा स्वर एक सेकण्ड में २० हजार प्रहार से, और नीचे से नीचा स्वर उतने ही काल में ५० प्रहारों से उत्पन्न होता है ।

(४२) वायु कर्म्म भी कर सकता है— राग की स्वर मीठी परंत शोर अर्थात् एक ही प्रहार कटु होता है, और यदि बहुत ही बड़ा हो तो श्रवण इन्द्रिय को भी बहुत दुःख देता है । यथा यदि कोई बड़ी तोप हमारे पास चलाई जाय तो कानों पर ऐसा प्रहार होताहै कि इस से श्रवण इन्द्रिय के नाश होजाने का भी सम्भव होता है; और यदि शब्द किसी कवाड़ के शीशे से लगे तो शीशे के टूट जाने का भी खटका होता है; और कभी जो बारूद की मेखज़ीन में आग लगजाय तो पड़ोस की सारी खिड़किये चूर चूर हो जाती हैं । इस से जाना गया कि शोर में प्रयत्न होता है, और शोर कर्म्म भी करताहै— प्रायः यह कर्म्म विनाशक ही होताहै ।

(४३) शब्द के पहुंचाने के लिये वायु अवश्य होना चाहिये —— परीक्षा ३४ —— किसी काच के बड़े बर्तन से वायु निकाल कर उस में घंटाबजाओ । अब वायु के न होने के कारण घंटे के गतिवाले अवयव किसी वस्तु को प्रहार नहिं कर सकें गे; इस लिये हमारे कानों में कोई शब्द नहिं पहुंचे गा । वस्तुतः जब कोई घंटा बजता है वा कोई थरथराने वाला पदार्थ कांपताहै तो उस में प्रयत्न होता है । उस प्रयत्न का कुछ भाग वायु में चला जाता है, और उस का कुछ भाग हमारे कानों में आता है । परंत यदि वायु नहो तो थरथराने वाली वस्तु के प्रयत्न को हमारे

कानों तक लाने के लिये कोई वस्तु न रहेगी ।

(५४) शद्द के वायु में चलने की रीति—अब हम कुछ उस वस्तु के तत्व को देखेंगे जिसको शद्द कहते हैं और जो कि थरथराने वाले पदार्थों से वायु में जाताहै, और जिसको फिर वायु बहुत दूर तक ले जाताहै । पहिले जब मील वा दो मील की दूरी पर कोई तोप चलायी जाय तो यह न समझना चाहिये कि वही परमाणु तोपसे तुम्हारे कानों तक चले आते हैं । तोप के पास के परमाणु अपने पास के परमाणुओं को प्रहार करके फेर जायंगे; और जिन परमाणुओं को प्रहार हुआ है वह भी अपने पास के परमाणु पर प्रहार पहुंचा कर फेर जायंगे, और इसी प्रकार होता रहेगा यहां तक कि वह प्रहार तुम्हारे कानों तक पहुंचेगा । इस परीक्षा से तुम यह बात अच्छी तरह समझ लोगे ।

चित्र २१

परीक्षा ३५— कुछ लचक दार गोले लो; उन को भिन्न भिन्न डोरों से एक श्रेणि में इस प्रकार लटकाओ कि वह एक दूसरे से केवल स्पर्श मात्र करें। अब पहिले गोले को उसी सीध में कुछ दूर पीछे हटाकर छोड़ दो कि दूसरे गोले को प्रहार करे। अब क्या होगा? पहिला गोला दूसरे को प्रहार करके ठैर जाय गा। दूसरा बहुत शीघ्र तीसरे को प्रहार पहुंचा कर उसी तरह ठैर जाये गा, तीसरा भी इसी प्रकार करे गा, यहां तक कि वह प्रहार सबसे पिछले गोले तक पहुंचे गा। इस के परे और कोई गोला नहिं, इस लिये यह गति करे गा। अब पहिला गोला वायु के उन परमाणुओं के सदृश है जो तोप के निरंतर पास हैं, और सब से पिछला गोला वायु के उन परमाणुओं के सदृश है जो तुम्हारे कानके निरंतर पास हैं। अब तुम जान गये हो कि जो प्रहार तोप के पास वायु पर हुआ था वह कान के पास की वायु तक किस प्रकार पहुंच गया, और इस बात की आवश्यकता नहिं कि एक हि परमाणु चल कर इतने दूर तक आवे।

तुम में से जिन्हों ने क्रोकी की खेल खेली होगी उन को मालूम होगा कि जब दूसरे के गोले को प्रहार करते हैं तो क्या होता है। जब दूसरे खिलारी का गोला तुम्हारे गोले को छूने लगता है तो तुम अपने गोले को पाओं के नीचे खूब दबाये रखते हो; फिर तुम मोगरी से अपने गोले को प्रहार करते हो, परंतु

वह नहिं हिलता, तो भी हमसे खिलारी के गोले को इतने बल से प्रहार करता है कि वह बहुत दूर चला जाता है । सो यहां भी वहि बात सिद्ध हुई जो पिछले गोलों की परीक्षा में सिद्ध हुई थी ।

(४५) शब्द की गति का परिमाण— जिस प्रहार को हम शब्द कहते हैं उस के तोप से चल कर हमारे कान तक पहुंचने में कुछ काल लगता है । इस में कुछ संदेह नहिं कि वह बंदूक की गोली के समान बहुत शीघ्र चलता है, फिर भी तोप से लेकर हमारे कान तक पहुंचने में कुछ काल अवश्य लगता है ।

तुम ने देखा होगा कि जब कोई तोप बहुत दूर चलाई जाती है, तो पहिले उस का प्रकाश और धुआं दृष्टि में आता है, फिर कई सेकण्ड पीछे उसका शब्द सुनाई देता है । यह सेकण्ड शब्द के तोप से लेकर हमारे कानों तक पहुंचने में लगे, अर्थात प्रकाश के देखने और शब्द सुनने के बीच का काल जाना जाय तो मालूम होजायगा कि शब्द के पहुंचने में कितना काल लगा । यथा कल्पना करो कि एक तोप ११०० फुट की दूरी पर चलाई गई है और उस का प्रकाश देखने से लेकर शब्द सुनने तक १० सेकण्ड लगे तो मालूम हुआ कि शब्द १० सेकण्ड में ११०० फुट वायु में से चलता है, अर्थात उसकी गति प्रति सेकण्ड ११०० फुट हुई । वस्तुतः शब्द की गति भी प्रति सेकण्ड इतनी हि है ।

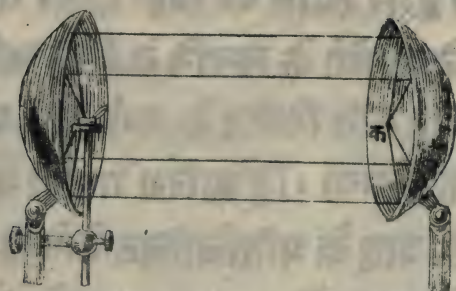
शब्द वायु की अपेक्षा से जल में बहुत जलदी चलता

है, और जो परीक्षा झील जनीवा के तट पर की गयी थीं उन से मालूम हुआ है कि शब्द की गति वायु की अपेक्षा पानीमें चौगुणी हो ती है, और लोहे और लकड़ी में और भी अधिक होजाती है। वायु की अपेक्षा लकड़ी में से १० और कभी १६ गुणा अधिक शीघ्र चलता है। तो इस हिसाब से वह एक सेकण्ड में २मील से अधिक लकड़ियों में से जो एक दूसरे के साथ मिलाकर लम्बी रखी हों, पार चला जायेगा ।

(४६) गूञ्ज वा प्रतिध्वनि—— कल्पना करो कि मैं एक घाटी के मध्य में खड़ाहूं और चारों ओर पत्थर और चटान हैं। यदि यहां से मैं बंदूक चलाऊं तो शब्द वा प्रहार बंदूक से लेकर पत्थरोंतक पहुंचेगा और उन को जा लगेगा। परंतु इस के पीछे कुछ और भी होगा। जब शब्द चटानों के साथ लगने के अनंतर आगे न बढ़ सकेगा, तो वहां से उलटा फिरेगा, और इस अवस्था में उसी सरल रेखा में उलटा फिरे गा जिस में कि वह पहिले गया था, और उस का वेग बराबर ११०० फुट प्रति सेकण्ड रहेगा। फल यह होगा कि बंदूक चलाने के पीछे मैं एक और शब्द सुनूंगा और ऐसा प्रतीत होगा कि एकऔर बंदूक चलीहै। इस शब्द को गूंज वा प्रतिध्वनि कहते हैं ।

इस प्रकार प्रतीत हुआ कि गूंज उस समय सुनाई देती है जब कि शब्द वा प्रहार किसी रुकावट को लग कर उलटा फिर कर आवे। परंतु जिस सीध में शब्द

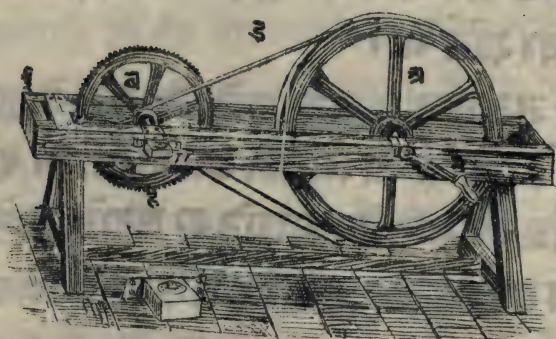
जाता है, सदा उसी सीध में वापिस नहिं आता। जिस तल पर शब्द लगता है उसके ढलान के अनुसार गूंज की सीध होती है। २२ वें चित्र की परीक्षा बड़ी आश्चर्य है।

चित्र २२

दो खाली अर्द्धगोल एक दूसरे से कुछ दूरी पर रखो, और एक अर्ध गोल के उस बिन्दु पर जिस को फोकस अर्थात् अद्धकेन्द्र कहते हैं एक घड़ी रख दो, और दूसरे के अद्धकेन्द्र में अपना कान रखो, तो तुम उस घड़ी के चलने का शब्द ऐसा स्पष्ट सुनोगे कि मानो वह घड़ी तुम्हारे कान के पास है। इस का कारण यह है कि घड़ी के चलने से जो प्रहार वायु पर लगते हैं बांयें हाथ के अर्ध गोल पर पहुंचते हैं। और वहां से प्रतिहत हो कर दूसरे अर्ध गोल पर पहुंचते हैं, और वहां से प्रतिहत होकर सब के सब कान में पहुंचते हैं। यह सब बात चित्र से साफ प्रतीत होती है। शब्द के इस गुण के कारण एक बड़ी सुन्दर परीक्षा होती है, परंतु व्यवहार में कई बार यह बात अच्छी नहिं होती। कहते हैं कि सिसिली देश के जर्जन्टाई नामगिर्जे में

थोड़ा सा शब्द भी पश्चिम के बड़े द्वार से ऊंची वेदी के पीछे कंगनी तक पहुंच जाता था; और बड़ा द्वार "कन्फेशन" अर्थात् अपने पाप पादरी के आगे चुपके से प्रकट करने के लिये नियत था। इस का फल यह हुआ कि कोई मनुष्य दूसरे स्थान पर खड़ा होकर ऐसी बातें सुन सकता था जो लोगों के सुनाने के लिये नहिं कही जाती थीं। पीछे यह बात विदित हो गयी और एक अन्य स्थान नियत किया गया। ह्विस्परिंग गेलरी में जो बात देखी जाती है, शब्द के प्रतिबिम्बित होने से उस का भी समाधान हो सकता है। लंडन नगर के सेंट पाल नाम के गिर्जे में गुंबज की एक ओर यदि थोड़ा सा भी शब्द किया जावे तो दूसरी ओर बहुत दूरी पर पहुंच जाता है।

(४०) एक सेकण्ड में स्वरों के प्रहारों की गिनती——मैं पहिले कह चुका हूं कि जब कोई थरथराने वाला पदार्थ एक सेकण्ड में वायु पर थोड़े प्रहार करता है तो नीचा स्वर सुनाई देता है, और जब उतने हि काल में बहुत से प्रहार करता है तो ऊंचा स्वर सुनाई देता है; इस लिये स्वर का ऊंचा वा नीचा होना उन प्रहारों की गिनती के अनुसार होता है जो वायु पर पहुंचते हैं। २३ वें चित्र के यंत्र से परीक्षा द्वारा मालूम हो सकता है कि कोई स्वर एक सेकण्ड में कितने प्रहार वायु पर पहुंचाता है। तुम देखते हो कि दायीं ओर एक बड़ा चक्र है; इस को एक रस्से से घु-

मा सकते हैं। इसकी नेमि और दूसरे चक्र ब की धुरप-
र एक चमड़े का तसमा ड कसा हुआ है। अब अ च-
क्र के एक फेर में ब चक्र की धुर अपने चक्र समेत काई

चित्र २३

बार फिर जायेगी। और चक्र ब पर छोटे छोटे दंदाने
हैं। ई पर एक टीन का टुकड़ा ऐसा लगा हुआ है कि
चक्र ब को फेरने से उसके दंदाने उस टुकड़े से लग-
ते हैं।

प्रत्येक बार जब उस टुकड़े पर प्रहार होगा तो श-
ब्द सुनाई देगा, क्योंकि वह टुकड़ा वायु पर प्रहार कर-
ता है। यदि चक्र ब में १०० दंदाने हों तो ब के एकबा-
र फिरने में वायु पर १०० प्रहार होंगे। यदि एक सेक-
ण्ड में ब एक बार घूम जाय तो वायु पर १०० प्रहार हों-
गे और इस लिये एक सेकण्ड में १०० शब्द कान में प-
हुंचें गे। हम प्रत्येक शब्द में भेद नहिं कर सकें गे। के-
वल एक गम्भीर लम्बा स्वर सुनाई देगा। इसी को ब-
हुत शीघ्र घुमाने से मैं ब को एक सेकण्ड में १०० बा-

र घुमा सकता हूं, और प्रत्येक फेर में उससे तीन के टुक-ड़े पर १०० प्रहार होंगे, अर्थात् एक सेकण्ड में १०० × १०० = १०,००० प्रहार होंगे । अब एक सेकण्ड में १०००० छोटे छोटे स्वर कान में पहुंचेंगे और हम ऊंचा और लम्बा स्वर सुनेंगे ।

सो जब तुम जानना चाहो कि एक सेकण्ड में किसी स्वर के प्रहारों की गिनती क्या होगी, तो दस्ते के द्वारा अ चक्र की गति को बढ़ाते वा घटाते जाओ। जब तक कि उस टुकड़े को चक्र के दंदाने लगने से उस प्रकार का स्वर उत्पन्न न हो जिस का तुम परिमाण किया चाहते हो। फिर एक वा दो मिनिट तक उसी गति से चक्र को घुमाते जाओ ।

चक्र ब के साथ एक यंत्र घड़ी के डायल सा लगा हुआ है (उसका बड़ा खाका चित्र के नीचे दिया हुआ है)। उस से प्रतीत होजायगा कि जब से तुम घुमाने लगे उससे पीछे कितनी बार प्रहार हो चुका है। इस लिये जब तुम आप दस्ता फेर रहे हो तो तुम्हें चाहिये कि किसी और मनुष्य को कहो कि वह ध्यान से देखे कि मिनिट के आदि से अंत तक डायल की सूई किस स्थान से कहां तक गयी है । कल्पना करो कि डायल से मालूम हुआ कि एक मिनिट में ६०,००० प्रहार हुए हैं, तो इस से जाना गया कि एक सेकण्ड में १००० प्रहार हुए । इस से तुम हिसाब कर सकते हो कि यह स्वर ऐसा था जो एक सेकण्ड में १००० प्रहार होने से

उत्पन्न होती है ।

उष्ण पदार्थ ।

(४८) उष्णता का स्वभाव— तुम पीछे देख आये हो कि गति वाले और वैसा हि थरथराने वाले पदार्थों में कर्म करने की शक्ति होती है । और तुम यह भी देखआये हो कि थरथराने वाला पदार्थ एक स्थान से दूसरे स्थान पर नहिं जाता, किन्तु उस के अवयव आगे पीछे होते रहते हैं ।

अब उष्णपदार्थों का वर्णन होगा । पहिले यह जानना चाहिये कि उष्णता क्या वस्तु है ? इस प्रश्न का उत्तर देने के लिये इस प्रकार करो । एक लोहे का गोला लेकर आग में डालो, और जब उष्ण होकर अंगार हो जाय तो उसको निकाल लो, और तराजू के एक पलड़े में रखदो, दूसरे पलड़े में बाट रखकर तोल बराबर करो । अब उसे ठंडा होने दो । अब यदि उष्णता कोई ऐसी वस्तु हो जो गोले के भीतर घुस गयी हो, तो हमें आशा रखनी चाहिये कि ज्यों २ गोला ठंडा होता जायगा, गोले वाला पलड़ा ऊपर चढ़ता जायगा । यदि यथार्थ प्रकार से यह परीक्षा की जाय तो मालूम होगा कि ठंडा होने से गोले का तोल नहिं घटता । इस लिये चाहो उष्णता कुछ हि वस्तु हो उस से गोले का तोल एक रत्ती भर भी नहिं बढ़ता ।

अब कल्पना करो कि मैं एक बड़े ठीक तराज़ू के पलड़े में बैठा हूं । दूसरे पलड़े में बाट डाल कर तोल

बराबर करो; फिर कुछ पानी मेरे कान में जाने दो। अब मैं अधिक भारी हो जाऊंगा। कल्पना करो कि मेरे कान में शब्द आया। क्या शब्द से मैं कुछ भारी हो जाऊंगा? कभी नहिं। वह मेरे कान के ढोल पर लग कर उस में थरथराहट उत्पन्न करेगा। मैं शब्द तो सुनूंगा परंतु शब्द के कान में आने से भारी कुछ भी नहिं हूंगा। वस्तुतः पानी का प्रवेश तो भौतिक पदार्थ का प्रवेश है, और उस से मैं भारी हो जाता हूं; परंतु शब्द का प्रवेश केवल थरथराने वाली गति का प्रवेश है और उस से मेरा भार नहिं बढ़ता। अब क्या उष्ण पदार्थों में इस प्रकार की कोई बात नहिं होती? क्या उष्णता के प्रवेश से यह अभिप्राय नहिं कि एक प्रकार की थरथराने वाली गति का प्रवेश हुआ है, और जिस से वस्तु के तोल में कुछ अधिकता नहिं होती?

इस बात के लिये दृढ़ प्रमाण हैं कि वस्तुतः उष्णता थरथराने वाली गति है, अर्थात् जब किसी पदार्थ को उष्णता पहुंचता है तो उस का प्रत्येक अणु या आगे पीछे हटता है या घूमता है, परंतु यह अणु ऐसे सूक्ष्म और इन की गति इतनी शीघ्र होती है कि आंखों से दिखाई नहिं देती।

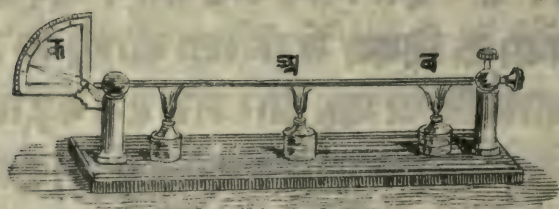
शायद तुम यह पूछोगे कि यदि उष्ण पदार्थ के अणु शीघ्र गति की अवस्था में होते हैं तो शब्द क्यों नहिं उत्पन्न होता? अन्य थरथराने वाले पदार्थों की

तरह उष्ण पदार्थ अपने पास के वायु पर छोटे छोटे प्रहार क्यों नहिं करता ? हम यह उत्तर देंगे कि आस पास के वायु पर उष्ण पदार्थ प्रहार तो करता है; परंतु वह ऐसे नहिं कि हमारे कानों पर कुछ असर कर सकें; परंतु वह हमा रेखों पर असर करते हैं और हम को प्रकाश का अनुभव होता है। अब तुम जान गये हो कि घंटे की नाई शब्दाय मान वस्तु और लोहे के तपे हुए गोले में कितना बड़ा सादृश्य है। दोनो वस्तुओं के अणु शीघ्र गति की अवस्था में होते हैं। घंटे के अणु तो पास के वायु पर प्रहार करते हैं और वायु इन प्रहारों को कान तक लाता है; और उष्ण गोले के परमाणु भी अपने आस पास के मध्यवर्ती पदार्थ पर बहुत से प्रहार करते हैं, और यह मध्यवर्ती वस्तु उन प्रहारों को हमारी आंख तक पहुंचाए है। इस लिये जब हमने थरथराने वाले पदार्थों के विषय में परीक्षा कीथी तो हम ने कानों से काम लिया था, और जब हम बहुत उष्ण पदार्थों के विषय में परीक्षा करते हैं तो हम आंखों से काम लेते हैं। प्रत्येक अवस्था में विषय के दो विभाग हो सकते हैं, क्योंकि थरथराने वाले पदार्थों में पहिले हमें वस्तुओं की जिज्ञासा करनी पड़ती है, और यह देखना पड़ता है कि कितने शीघ्र और किस प्रकार वह थरथराते हैं इत्यादि; और दूसरा हमें यह देखना पड़ता है कि जो शब्द उन से उत्-

न होता है वह वायु में किस गति से चलता है । इसी प्रकार उष्ण पदार्थों में भी पहिले हमें वस्तुओं की जिज्ञासा करनी पड़ती है, और दूसरा यह जानना पड़ता है कि उन में से जो प्रकाश और उष्णता की किरणें निकलती हैं वह वायु में किस वेग से चलती हैं ।

(४९) उष्ण होने से पदार्थों का फैलना — जब किसी पदार्थ को उष्ण करें तो प्रायः सदा फैलता है, अर्थात् सब ओर बड़ा हो जाता है । इस बात को हम एक कठिन, द्रव और वायवीय पदार्थ को उष्ण करके देख सकते हो ।

परीक्षा ३९ — अ एक धातु का डंडा है वह एक सिरे पर पेच ब के द्वारा कसा हुआ है, और उस का दूसरा सिरा बिना रोक के बढ़ सकता है ।

चित्र २४

ज्यों २ वह बढ़ेगा एक कांटे क को दबाये गा, इस लिये वह कांटा ऊपर उठेगा । सो यदि डंडा थोड़ा सा भी फैले तो उसका फैलाव अच्छी तरह से देखा जायगा; क्योंकि इस से कांटा अपना स्थान छोड़ कर ऊपर को उठेगा । अब इस डंडे के नीचे दो तीन

दीपक रख कर इस को उष्ण करो तो हम देखें गे कि वह बढ़ता जायगा, और कांटे को दबाकर ऊंचा कर देगा। यदि इन दीपकों को उठालेवें तो ठंडा ठंडा हो जायगा और थोड़े ही काल में कांटा अपने पहिले स्थान पर आजाय गा।

परीक्षा ३७ — यहां काच की छोटी सी कुलिया है जिस के मुंह पर काच की एक पतली नली लगी हुई है। यदि इस कुलिया में पानी भर कर उष्ण करो, तो पानी उस नली में चढ़ने लगेगा। इस अवस्था में नली और कुलिया दोनो फैलती हैं, परंतु पानी काच से अधिक फैलता है, इस लिये वह नली में चढ़ जाता है, और वस्तुतः इतने बल से फैलता है कि यदि उस को नली में चढ़ने का अवकाश न होता तो कुलिया को तोड़ कर निकल जाता।

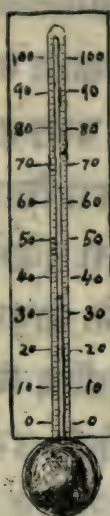
परीक्षा ३८ — अब एक भुकना लो जिस की दो तिहाई वायु से भरी हो। इस को आग पर उष्ण करो और फेरते जाओ कि जल न जाये। थोड़े से काल में वायु इतना फैल जावे गा कि भुकना भराहुआ दिखाई देगा।

(५०) **थर्म्मामीटर वा घर्म मापक** — इन परीक्षाओं द्वारा तुमने जान लिया है कि उष्णता पदार्थों को फैला देती है, चाहे वह पदार्थ, कठिन, द्रव वा वायवीय हों। अब एक काच की कुलिया में जिसपर एक काच की नली लगी हुई हो पारा भर कर परीक्षा करो, तो उष्णता पहुंचने से पारा भी पानी की तरह फैल कर नली में चढ़ जाये गा। यहां भी वस्तुतः दोनो चीज़े फैलती हैं। एक तो कुलिया फैलती है। सो यदि तुम पहिले ठंडी कुलिया को मापो,

और फिर उष्ण करके मापो तो मालूम होगा कि कुलिया कुछ बढ़ गयी है। परंतु कुलिया पारे जितना नहिं फैलती, इस लिये पारा अपनी पहिली जगह में नहिं समा सकता — उसके वास्ते अधिक स्थान चाहिये; इस लिये यह ऊपर उठता है, और नली के बड़ा तंग होने के कारण थोड़ा सा फैलने से भी पारा नली में बहुत दूर तक चढ़ जाता है, इस लिये आंखों से अच्छी तरह देखा जा सकता है। तुम्हारे हाथ की उष्णता से भी पारा बहुत शीघ्र नली में ऊपर चढ़ जाता है, और थोड़ा सा ठंडा वायु लगने से नीचे उतर आता है। इस लिये इस प्रकार के यंत्र से बड़ा लाभ होता है। इस से प्रतीत हो जाता है कि कौन सी वस्तु ठंडी और कौन सी उष्ण है, और त्वक् इंद्रिय द्वारा यह बात ऐसी ठीक नहिं प्रतीत हो सकती। कल्पना करो कि हम इस यंत्र की कुलिया को पानी के बर्तन में डाल कर कुछ काल तक वहीं रखते हैं, तो नली में पारा एक नियत स्थान तक चढ़ा रहेगा। इस स्थान पर एक चिह्न कर दो। अब इस यंत्र को पानी से निकाल लो, और दूसरे पानी वाले बर्तन में डाल दो। यदि यह पानी पहिले पानी से अधिक उष्ण होगा तो पारा इस चिह्न से ऊपर चढ़ जायगा, परंतु यदि यह पानी अधिक ठंडा होगा तो पारा उस चिह्न से नीचे उतर आवेगा। इस प्रकार नली में पारे की ऊंचाई देखकर हम तत्काल बता सकते हैं कि दूसरे बर्तन का पानी इस से उष्ण है वा शीत।

इस प्रकार के यंत्र को थर्मामीटर वा ऊर्म मापक कहते हैं।

(७१) इस यंत्र के बनाने की विधि — तुम एक बारीक छिद्र वाली काच की नली लो जिस के एक सिरे पर एक गोलाकार हो और दूसरा सिरा खुला हो। फिर उस गोलाकार को आग पर उष्ण करो, तो जैसा भुकने में उष्ण करने से वायु फैल गया था उसी प्रकार इस में भी फैलेगा; परंतु दूसरा सिरा खुला होने के कारण फैला हुआ वायु उस छिद्र द्वारा बाहिर निकल जायगा। फिर अभी वायु ठंडा न होने पाया हो कि नली का खुला सिरा एक पारे वाले बासन में पारे की पृष्ट से नीचे डुबो दो। याद रखना चाहिये कि अब उस गोलाकार में पहिले से थोड़ा वायु है, क्योंकि उस का कुछ अंश उष्णता के कारण बाहिर निकल गया है। जब वायु ठंडा हो जायगा तो थोड़े स्थान में समा जायगा, और बाहिर से वायु के दबाओ के कारण पारा उसी प्रकार ऊपर चढ़ आय गा जैसा जलोत्सारक यंत्र में पानी चढ़ आता है। इस पारेका कुछ अंश गोलाकार में भी चला जायेगा। अब गोलाकार में थोड़ा सा पारा आगया; फिर गोलाकार को पारे समेत एक दीपक की लाट पर उष्ण करो — गोलाकार, नली सब कुछ। शीघ्र ही पारा उबलने लगेगा और उसकी भाप वायु को बाहिर निकाल देगी, यहां तक कि गोलाकार और नली दोनो पारे की भाप से भर जायें गे, अब फिर एक बार खुले सिरे को पारे की बर्तन में डुबो दो। अब गोलाकार और नली में कुछ भी वायु नहिं केवल पारे की भाप ही है, इस लिये उस के ठंडा होने से थोड़ी सी न्यूनता उत्पन्न होगी, और बर्तन का पारा बाहिर के वायु के दबाओ से ऊपर चढ़

चित्र २९

जायेगा, और नली और गोलाकार दोनों भर जायेंगे। इस प्रकार हम ने नली और गोला कार दोनों को पारे से भर लिया, और अब उस के ठंडा होने से पहिले हम खुले सिरे को काच गला कर बंद करदेते हैं, इस प्रकार बाहिर का वायु अंदर नहिं घुसने पायेगा। इतना काम तो पूरा होचुका।

अब घर्म मापक की नली को लो, और जब अच्छी ठंडी होजाय तो उसे पिसी हुई बर्फ में जब वह गल रही हो डुबो दो; पारा नली में सुकड़ कर थोड़ी जगह में समा जायगा, क्योंकि बर्फ बहुत ठंडी है (तुम को बताया गया है कि जब गोला कार को किसी ठंडी वस्तु में डालें तो पारा नीचे उतरता है)। जब पारा नीचे उतरने से रह जाय तो जहां पर पारे की पृष्ठ हो वहां रेती से एक चिह्न कर दो। जब इस यंत्र को गलती बर्फ वा किसी उतनी ही ठंडी वस्तु में डालें, तो नली में पारे की पृष्ठ इसी चिह्न पर होगी। फिर घर्ममापक को लेकर सारे का सारा उबलते पानी में डुबो दो, और वैसे ही जहां पारे की पृष्ठ हो वहां नली पर एक चिह्न लगा दो। इस अवस्था में पारा बहुत ऊंचा चढ़ा हुआ होगा क्योंकि उष्ण पानी के कारण पारा बहुत फैल जाता है। अब नली पर दो चिह्न हो गये — एक तो उस स्थान पर है जहां तक कि गलती बर्फ में घर्ममापक रखने से

पारा चढ़ता है, और दूसरा जहां तक कि उबलते पानी में इस यंत्र को रखने से पारा चढ़ता है। तुम आगे चल कर देखो गे कि उबलते हुए पानी की उष्णता सदा एक सी नहिं होती, परंतु अभी यही समझ रखो कि उस की उष्णता सदा एक जैसी रहती है ।

दो चिह्न तो हम ने इस यंत्र की नली पर रेतीसे लगा लिये, और यह दो चिह्न यथा क्रम पानी के जम जाने और उबलने के स्थान द्योतन करते हैं। अब इन दो चिह्नों के बीच के भाग को १०० बराबर भागों में बांटना रहा। यह इस प्रकार किया जाता है कि सारी नली पर मोम लिपट दो, और एक सूई की नोक से ठीक ठीक दूरी पर मोम में चिह्न कर दो। फिर यदि हम सारी नली को घुले हुए हाई ड्रोक्लुओरिक एसिड में डुबो दें तो मोम पर कुछ असर नहिं होगा, परंतु जहां जहां से सूई द्वारा मोम खुरची गयी है वहां काच पर निशान लगजायें गे। इस लिये जब नली को बाहिर निकालें गे तो देखें गे कि जितनी रेखा हमने सूई की नोक से बनाई थीं वह सब की सब उक्त तेज़ाब की सहायता से काच पर खुद गयी हैं। इन रेखाओं से एक ऐसा पैमाना बन गया जिस को देख कर हम जमाने वाली सरदी से लेकर उबालने वाली उष्णता तक १०० अंश की न्यूनाधिकता जांच सकते हैं।

सब से निचले चिह्न का नाम ०(शून्य) अंश रखो, और सबसे ऊपर वाले का नाम १०० अंश; और इन दोनो के बीच में दस दस अंश पर अंक लगा दो। अब हमारा था-

र्मसापक ठीक बन गया है ।

इस प्रकार के यंत्र को सेंटीग्रेड थर्मामीटर अर्थात् १०० अंश वाला घर्म मापक कहते है; और क्योंकि अंशों के चिह्न करने की यह सुगम रीति है, इस लिये हम सदा इसी को बरतें गे ।

यदि कोई वस्तु इतनी उष्ण हो कि जब उस में घर्ममापक को रखें तो पारा १०, वा २०, वा ३०, अंशतक चढ़ जाय तो हम कहते हैं कि उस वस्तु की उष्णता १०, २०, वा ३०, अंश है । इस लिये गलती बर्फ की उष्णता सेंटीग्रेडपर ० अंश होती है (लिखने में ०° आता है), और उबलते हुए पानी की १०० अंश (लिखने में १००° आता है) । ग्रीष्म ऋतु की अच्छी उष्णता लग भग ३२° के होती है । वस्तुतः इस प्रकार के यंत्र से उष्णता बहुत ठीक ठीक मापी जासकती है ।

(५२) कठिन पदार्थों का फैलाओ — इसी रीति से हमने मालूम कर लिया है कि काच वा धातु आदि के दंडे ०° से १००° तक कितना फैलते हैं । नीचे लिखे आदर्शों में यह बात दिखाई गयी है ।

	१००,००० इंच लम्बे दंडे का ०° और १००° के बीच में फैलाओ ।
काच	८५ इंच
ताम्बा	१७१ "
पीतल	१८८ "
कोमल लोहा	१२० "
ढालवां लोहा	१०५ "
फ़ौलाद	११४ "
सीसा	२८२ "
टीन (रांग)	१९६ "
चांदी	१९२ "

	१००,००० इंच लम्बे डंडे का ०° और १००° के बीच में फैलाओ ।
सोना ----------	१४४ इंच
प्लाटिनम ----------	८७ ”
जस्त ----------	२९८ ”

(५३) द्रव पदार्थों का फैलाओ—— द्रव पदार्थ उष्णता पहुंचने से कठिन पदार्थों से अधिक फैलते हैं, परंतु तुम द्रव डंडे पर परीक्षा नहिं कर सकते क्योंकि द्रव पदार्थ का डंडा नहिं बन सकता । इस लिये इन का कुछ परिमाण यथा एक बोतल लो; और देखो कि यदि कोई द्रव पदार्थ ०° पर १००,००० बोतल भर सकता हो, तो वह १००° पर कितनी जगह रोके गा ।

अब यदि पारे की १००,००० बोतल ०° से १००° तक उष्ण की जावें, तो १,८ १५ बोतल के बराबर पारा बढ़ जाय गा ।

इस प्रकार की परीक्षाओं से मालूम हुआ है कि यदि द्रव और कठिन पदार्थों को बराबर उष्णता पहुंचायी जावे तो द्रव पदार्थ अधिक फैलते हैं, और द्रव पदार्थ थोड़ी उष्णता से इतना शीघ्र नहिं फैलते जितना अधिक उष्णता से फैलते हैं ।

(५४) वायवीय पदार्थों का फैलाओ— उष्णता से ग्यास अर्थात् वायवीय पदार्थ बहुत फैलते हैं, परंतु यहां हमें याद रखना चाहिये कि उष्णता छोड़ और कई तरह से गास फैलते हैं । तुम को याद होगा कि रबर का गोला कांच के फानूस में रखा गया था, और जब फानूस में से वायु निकाला गया तो फूलने लगा (देखो

परीक्षा२५)। इस लिये जब यह जानना हो कि उष्णता के कारण गास कितना फैलता है, तो हमें इस बात का ध्यान रखना चाहिये कि उसके चारों ओर के वायु के दबाओ में कुछ भेद न हो जाये; अथवा एक भुकना लो जिस में कुछ वायु भी हो, और उसे बराबर दबाओ वाले वायु में रख कर ०° से १०० तक उष्ण करो और देखो कि वह उष्णता बढ़ाने से कितना फूलता है ।

इस प्रकार परीक्षा करने से मालूम होगा यदि एक भुकना जिस में कुछ वायु हो ०° पर १,००० मुकस्स र इंच हो तो १००° पर उस का परिमाण १,३६७ मुकस्स र इंच होजायेगा । यथा, यदि किसी बर्तन में बहुत सा बर्फ जैसा ठंडा पानी भर कर उसमें उस भुकने को डुबो दें, तो पानी चढ़कर आगेसे १,००० मुकस्सर इंच अधिक स्थान रोकेगा; और यह ०° पर भुकने का परिमाण है । फिर यदि उसी बर्तन में उतना ही उबलता पानी भर कर भुकने को उसी प्रकार डुबो दें तो यह उबलता पानी १,३६७ मुकस्स र इंच अधिक स्थान रोकेगा; और यह १००° पर भुकने का परिमाण होगा।

(३५) फैलाओ का विशेष वर्णन — द्रव और कठिन पदार्थ बड़े बल से फैलते हैं । यदि तुम एक लोहे का गोला सारा पानी से भर दो, और पेच कस कर बंद कर दो, और फिर गोले को उष्ण करो तो, फैलाओ का बल इतना होगा कि गोला फूट जायगा ।

लोहे के बड़े बड़े पुल बनाने के समय लोहे के फैलाओ का ध्यान रख लेना चाहिये, क्योंकि पुल गर्मियों में कुछ

बढ़ जाता है; और यदि उस के बढ़ने के लिये कुछ स्थान न रक्खा जाय तो फैलाओ के बल से उस को नुकसान पहुंचता है। मीनाई के नलदार पुल में ठीक व्यवस्था रक्खी गयी है।

हम कई प्रकार से फैलाओ और संकोच के बल से लाभ उठाते हैं; जैसा गाड़ी का पहिया बनाने में लोहे के हल को उष्ण करके लाल कर डालते हैं; इस प्रकार वह पहिये पर खुला आजाता है; फिर वह शीघ्र ठंडा हो जाता है, और ज्यों ज्यों ठंडा होता जाता है सकड़ कर पहिये को पकड़ करता जाता है, और अंत को खूब कस कर लग जाता है।

(९५६) विशेष उष्णता (स्पेसिफिक हीट)——एक अंश उष्णता बढ़ाने के लिये कई वस्तुओं को औरों की अपेक्षा अधिक गर्म करना पड़ता है। जितनी उष्णता किसी पदार्थ के पौण्ड भर तोल को एक अंश अधिक उष्ण कर सके उस को उस पदार्थ की स्पेसिफिक हीट वा विशेष उष्णता कहते हैं। पानी की विशेष उष्णता बहुत बड़ी है; अर्थात् अन्य सब पदार्थों की अपेक्षा से पौण्ड भर पानी को एक अंश चढ़ाने के लिये अधिक उष्णता चाहिये। जितनी उष्णता से एक पौण्ड पानी एक अंश अधिक उष्ण होता है, उतनी ही उष्णता से ९ पौण्ड लोहे, ११ पौण्ड जस्त, और ३० पौण्ड पारे वा सोने की उष्णता एक अंश चढ़ सकती है।

परीक्षा ३९ — इस बात के सिद्ध करने के लिये

कि पानी की विशेष उष्णता बहुत होती है, दो पौण्ड पारा लेकर १००° तक उष्ण करो। यह पानी के उबलने का स्थान है। फिर इस को साधारण उष्णता वाले १ पौण्ड पानी में मिला दो। यदि तुम पारा मिलाने से पहिले और पीछे उस पानी में घर्म मापक रख कर देखो तो मालूम होगा कि उष्ण पारे के मिलाने से पानी ५ अंश से अधिक नहिं चढ़ा।

(५७) अवस्था का बदलना — पहिले तुम देख आये हो कि भौतिक पदार्थों की तीन अवस्था होती हैं— कठिन, द्रव और वायवीय (गास)। अब मैं बताऊं गा कि जब पदार्थों को उष्ण किया जाय तो पहिले उनकी कठिनता का नाश होकर द्रवत्व उत्पन्न होता है, और यदि इस से भी अधिक उष्ण करें तो द्रवत्व का भी नाश होकर वायवीय अवस्था उत्पन्न होती है। प्रवेशिका पुस्तक में तुम को बताया गया था कि पानी और भाप का संबंधि कारण एक ही वस्तु है, और यदि बर्फ को उष्ण किया जाय तो पानी होजाता है, और यदि फिर भी उष्णता पहुंचाते रहें तो भाप बन जाती है। यदि और पदार्थों के साथ भी इसी प्रकार किया जाय तो उन में भी इसी प्रकार का परिणाम होगा। यथा जस्त नामक धातु का एक टुकड़ा लो, और उसको उष्ण करो। थोड़े काल के पीछे वह पिगल जायगा, और यदि फिर भी उष्ण करते रहें तो अंत में भाप बन कर उड़ जाय गा। लोहे और फौलाद जैसे दृढ़ और कठिन पदार्थ भी पिगल सकते हैं,

और भाप बन कर उड़ भी सकते हैं; और विद्युत शक्ति द्वारा, जिस का विशेष वर्णन आगे आयगा, शायद हम सब पदार्थों को भाप बना कर उड़ा सकते हैं ।

परंतु हम सब पदार्थों को इतना ठंडा नहिं कर सकते कि वह कठिन बन जायें, अथवा कठिन नहिं तो द्रव ही बन जायें । यथा अभी तक किसी ने शराब के सत को ठंडा करके कठिन नहिं बनाया; परंतु इतना तो दृढ़ निश्चय है कि शराब के सत को जमाने के लिये केवल बहुत सा शीत चाहिये । इसी प्रकार हम वायु को इतना ठंडा कभी नहिं कर सकते कि द्रव हो जाय, परंतु इतना तो हम जानते हैं कि इस बात के लिये केवल शीत अधिक चाहिये । मेरी इस बात से यह न समझ लेना चाहिये कि शीत उष्णता के अभाव से कुछ अलग वस्तु है । शीत पदार्थ वह होता है जिस मे उष्णता थोड़ी हो, और उस से भी अधिक शीत पदार्थ वह है जिस में उस से भी थोड़ी उष्णता हो; परंतु ठंडे से ठंडे पदार्थ में भी कुछ न कुछ उष्णता अवश्य रहती है, इस बात में त्वक इंद्रिय को नियामक मत मानो । ऐसा हो सकता है कि घर्म मापक के अनुसार दो वस्तुओं में बराबर उष्णता हो, और फिर भी एक तुम को दूसरी से बहुत ठंडी लगे । यदि तुम कुछ काल तक एक हाथ बहुत ठंडे पानी में रखो और दूसरा हाथ बहुत उष्ण पानी में, और फिर दोनो हाथ निकाल कर साधारण उष्णता वाले पानी में डाल दो, तो यह पानी एक हाथ को उष्ण और दूसरे हा-

ष्य को ठंडा प्रतीत होगा। इस लिये उर्म मापक के विना कि-
सी और पर भरोसा न करो, और न यह समझो कि शीत
उष्णता के अभाव से कोई भिन्न पदार्थ है।

अब प्रसंग पर आते हैं। प्रायः सब पदार्थ, यदि हम
उन को यथाभिमत ठंडा कर सकें, अर्थात् यथाभिमत उन-
की उष्णता कम कर सकें — तो कठिन होजायेंगे; और
यदि फिर काफ़ी उष्ण किया जाय तो द्रव होजायें गे, यहां
तक कि यदि फिर भी उष्ण करते जायें तो भाप बन कर उ-
ड़ जायें गे। कई पदार्थों के लिये तो थोड़ा और कईयों के
लिये बहुत यत्न करना पड़ता है। बर्फ़ उष्णता पहुंचाने
से शीघ्र ही पिगल जाती है, टीन वा सीसे के गलाने को २००
वा ३०० अंश उष्णता चाहिये; और लोहे को गलाना इस से
भी कठिन है; और प्लैटिनम को गलाना लोहे से भी कठिन
है। जिस वस्तु को गलाना कठिन हो उसको दुःसाध्य क-
हते हैं।

नीचे के नकशे से मालूम होगा कि कई एक गुण दा
यक पदार्थ कितनी उष्णता से पिगलने लगते हैं; —

बर्फ़	०° पर पिगलती है
फास्फोरस	४४° "
स्पेर्मसिटाई	४९° "
पोटासियम	५८° "
सोडियम	९७° "
टीन (रांगा)	२३५° "
सीसा	३२५° "
चांदी	१,०००° "
सोना	१,२५०° "
लोहा	१,५००° "

प्लाटिनम को गलाना इतना कठिन है कि हम यह नहिं कह सकते कि वह कितने अंश की उष्णता से गलती है। और कार्वन को गलाना उस से भी कठिन है — उष्ण से उष्ण आगमें भी कार्वन अर्थात् कोइला सदा कठिन रहता है, और किसी ने नहिं सुना कि कोइले पिगल कर चूल्हे से बाहिर बहते हों।

इस प्रकार हम देखते हैं कि उष्णता से सब पदार्थों में एक ही प्रकार का परिणाम होता है; अर्थात् यदि हम उष्णता को बहुत कम कर सकें तो सब पदार्थ जमकर बर्फ की तरह कठिन हो जायें; और यदि उष्णता को बहुत बढ़ा सकें तो सब वस्तु भाप की तरह वायवीय बन जायें, परिणाम एक ही प्रकार का होता है। श्रेष्ठ यह होगा कि पानी को और सब पदार्थों का नमूना मान कर देखा जावे कि उष्णता के कारण पानी में क्या क्या परिणाम होते हैं। पहिले इस को कठिन अवस्था में लो जबकि यह बर्फ की सूरत में होता है।

(५८) पानी की गुह्य उष्णता — थोड़ी सी बहुत ठंडी बर्फ लो; उसे पीस कर छोटे छोटे टुकड़े कर डालो; और इस पिसी हुई बर्फ में घर्म मापक रख दो। कल्पना करो कि इस यंत्र को देख कर हमें मालूम हुआ कि उस का पारा ०° से २०° नीचे उतरा हुआ है। अब बर्फ को उष्ण करो; जब तक उस की उष्णता ०° तक न पहुंच जाय तब तक उस की उष्णता और कठिन पदार्थों की तरह बढ़ती रहे गी; परंतु यहां आकर ठैर जायेगी, और

जब तक बर्फ बाकी रहेगी तब तक आगे नहिं बढ़ेगी। यदि उष्णता बर्फ की उष्णता को अधिक नहिं करती तो और क्या करती है ? हमारा उत्तर है कि बर्फ को गलाती है; पहिले सारी उष्णता बर्फ की उष्णता बढ़ाने में खर्च होती थी, परंतु जब बर्फ की उष्णता ०° तक पहुंच गयी तो उष्णता कुछ और ही काम करने लगी; अब उस की सारी शक्ति बर्फ को गलाने पर खर्च होती है; और सारी बर्फ गलजाने के पीछे भी पानी केवल ०° उष्ण होता है, अर्थात् यह पानी बर्फ से कुछ अधिक उष्ण नहिं होता। वस्तुतः ०° परका पानी बराबर है ०° की बर्फ और उस उष्णता के जिस को हम गुह्य उष्णता कहते हैं। यह नाम इस लिये रखा गया है कि इस उष्णता का घर्ममापक पर कुछ असर नहिं होता।

परीक्षा ४०—— इस बात को सिद्ध करने के लिये कुछ बर्फ पीस कर टीन के बर्तन में डालो, और उस को एक दीपक पर उष्ण करो यहां तक कि थोड़ी सी बर्फ रह जाय। फिर यदि तुम इस गली हुई बर्फ में घर्म मापक डुबो दो, तो तुम देखोगे कि उष्णता ०° से बढ़ कर नहिं; अथवा यों कहो कि गली हुई बर्फ उतनी ही ठंडी होगी जितनी कि गलने से पहिले थी।

(५९) भाप की गुह्य उष्णता —— अब हमारी बर्फ गल कर पानी हो गयी है, और यदि हम इस पानी को उष्ण करते जायें तो इस की उष्णता और पदार्थों की तरह साधारण प्रकार से बढ़ेगी यहां तक कि

उबलने के स्थान वा १००° तक पहुंच जायेगी। फिर इस की उष्णता बढ़नी बंद हो जायगी; और यदि हम पानी को और भी उष्ण करते जायें तो केवल भाप बनती जायगी, और उस की उष्णता १००° से अधिक नहिं होगी। वस्तुतः जैसे कि ०° की उष्णता वाली बर्फ को उतनी ही उष्णता वाला पानी बनाने में बहुत सी उष्णता खर्च हूई थी उसी प्रकार १००° की उष्णता वाले पानी को उतनी हि उष्णता वाली भाप बनाने में भी बहुत सी उष्णता खर्च होती है। इस लिये हमें यह बात कहने का अधिकार है कि——१००° की भाप बराबर है १००° के पानी और बहुत सी उष्णता के जिस को हम गुह्य उष्णता कहते हैं; और इस को गुह्य इस लिये कहते हैं कि उस का घर्ममापक पर कुछ असर नहिं होता।

परीक्षा ४२—इस बात को तुम इस प्रकार सिद्ध कर सकते हो। एक बर्तन में थोड़ा सा पानी उबालो; और पहिले उबलते पानी में और फिर भाप में घर्ममापक डालो, तो मालूम होगा कि दोनो में बराबर उष्णता है, अथवा भाप उबलते पानी से कुछ अधिक उष्ण नहिं।

इस प्रकार तुमने देख लिया है कि बर्फ को पानी बनाने के लिये उष्णता चाहिये, और फिर पानी को भाप बनाने के लिये भी उष्णता चाहिये। हम माप सकते हैं कि ०° वाली पोण्ड भर बर्फ को उसी उष्णता वाला पोण्ड भर पानी बनाने में कितनी उष्णता चाहिये और मालूम हुआ है कि इस के वास्ते उतनी ही उष्णता चा-

हिये जितनी ७९ पौण्ड पानी को १° चढ़ाने के लिये दरकार होती है। जब हम कहते हैं कि पानी की गुह्य उष्णता ७९ है तो हमारा यही अभिप्राय होता है। इसी प्रकार मालूम हो चुका है कि भाप की गुह्य उष्णता ५३७ है, अर्थात् १००° के पानी को उसी उष्णता वाली भाप बनाने में उतनी ही उष्णता चाहिये जितनी कि ५३७ पौण्ड पानी को एक अंश अधिक उष्ण करने में लगती है।

इस प्रकार बर्फ़ को गलाने के लिये बहुत सी उष्णता चाहिये, और इस लिये बहुत सा काल भी लगेगा। यह बहुत अच्छी बात है, क्योंकि यदि गलती बर्फ़ थोड़ी सी उष्णता से एक बार हि पानी हो जाती तो ईश्वर जाने क्या होता? धरती का बहुत सा भाग बसने के योग्य न रहता, क्योंकि बसंत ऋतु के किसी दिन धूप लगने से सारी बर्फ़ पानी हो जाती, और पानी के प्रवाह इतने उछल कर आते कि जो कुछ आगे आता बहा ले जाते, और धरती के बहुत से निम्न प्रदेश पानी में डूब जाते। इसी प्रकार हमारे लिये बहुत अच्छा है कि उबलते पानी को भाप बनाने में बहुत सी उष्णता खर्च होती है, क्योंकि यदि उबलता पानी थोड़ी सी उष्णता से भाप बन जाता, तो सब हांडियें और इंजनों के बायलर् फूट जाते, और स्टीम इंजन कभी न बन सकते।

तुम को पहिले बताया गया है कि भाप वायु की तरह एक गास है, और तुम ने प्रवेशिका पुस्तक में पढ़ा है कि यथार्थ भाप को तुम देख नहिं सकते।

तुम ने देखा होगा कि जब कोई हांडी वेग से उबल रही हो तो हांडी के मुंह के पास कुछ भी दिखाई नहिं देता परंतु आध एक इंच परे एक बादल सा दिखाई देता है। अथवा जब इंजन से भाप निकलती है तो उस के फनल के पास कुछ दिखाई नहिं देता परंतु उससे कुछ दूर ऊपर एक बादल सा देख पड़ता है। यह अदृश्य वस्तु जो बाहिर निकलती है भाप कहलाती है, परंतु बादल सा जो नज़र आता है उस में तो केवल पानी के छोटे छोटे किनके होते हैं जो भाप के ठंडा होने से बनते हैं। इस लिये वह भाप नहिं, केवल पानी है। असली भाप वायु वा अन्य गासें की तरह अदृश्य होती है।

(८०) उबलना और बुखार बनना — मैं तुम को भाप के विषय में कुछ बता चुका हूं। यह भाप पानी के उबलने से बाहिर निकलती है। परंतु मेरा यह अभिप्राय नहिं कि उबलने से पहिले भाप सर्वथा नहिं निकलती; क्योंकि ऐसा कहना अनुभव के विरुद्ध है। तुमने देखा होगा कि यदि पानी की एक कड़ाही आग पर रखी जाय तो उबलने से बहुत पहिले भाप निकलने लग जाती है। तुम ने अवश्य देखा होगा कि भीगी हुई वस्तु आग के पास रखने से सूख जाती है — अर्थात् उस का पानी भाप बन कर उड़ जाता है। जब भाप वा बुखार (क्योंकि इन दोनो शब्दों का एकहि अर्थ है) ऐसे पानी से निकलें जो उबलता न हो तो हम कहते हैं कि बुखार बन रहे हैं; परंतु

जब पानी उबलता है तो हम कहते हैं कि उबाल आ रहा है । भेद केवल इतना है । जब तुम पानी को आगपर रखेा, तो उष्णता दो काम करेगी— एक तो पानी को उष्ण करेगी श्रार फिर पानी को बुखार बनायेगी; परंतु जब पानी की उष्णता १००° तक पहुंच जाय तो पानी इस से अधिक उष्ण नहिं हो सकता; फिर आग का सारा बल पानी को भाप बनाने पर लगता है; और यह भाप केवल पानी के ऊपर से ही नहिं किंतु नीचे से भी निकलती है; इस लिये जों जों भाप के बुलबुले पानी से बाहिर निकलते हैं हम एक शब्द सुनते हैं, जिसको हम उबलना कहते हैं ।

(५१) उबाल का स्थान दबाओ के आश्रय है— अब मैं ने तुम को यह बताना है कि गलती बर्फ की उष्णता की तरह पानी के उबालने की उष्णता नियत नहिं है; किंतु वायु के दबाओ के आश्रय है । यदि वायु का दबाओ घटाया जावे तो पानी १००° से नीचे हि उबलने लगे गा । तुम को याद होगा कि वायु का दबाओ पहाड़ों की चोटियों पर नीचे से अधिक होता है, क्योंकि चोटियों पर तुम्हारे ऊपर के वायु की ऊंचाई थोड़ी होती है, और इसी कारण उसका बोझ वा दबाओ भी थोड़ा होता है । स्विट्जरलेंड देश के ब्लेंक पर्वत की चोटी पर जो तीन मील ऊंची है, पानी ८५° पर उबलने लगे गा । और यदि कोई मुसाफिर ब्लेंक पर्वत की चोटी पर कड़ाही में अंडा उबालने लगे

तो चाहो घंटों तक उबालता रहे अंडा सख्त नहिं हो-
गा, क्योंकि ८५° इतने नहिं कि अण्डे की सफेदी को स-
ख्त कर सकें ।

यदि हम किसी बड़ी गहरी कान में पानी उबालें
तो उबलने का अंश १००° से बहुत ऊपर होगा ।

परीक्षा ४२— इस सुगम परीक्षा से तुम को
मालूम हो जायगा कि उबालने वाले अंश की उष्ण-
ता उस वायु वा गास के दबाओ के आश्रय है जो पा-
नी की पृष्ठ पर हो । एक काच की बड़ी बोतल लो;
उसे आधा पानी से भर दो, फिर कुछ काल तक पा-
नी को उबालते रहो यहां तक कि भाप बर्तन से सारा
वायु निकाल दे । इस प्रकार उस बोतल में केवल
पानी और पानी की भाप हि रह जाय गी । अब उस
के मुंह को डाट से खूब बंद करदो; और दीपक से प-
रे हटा कर औंधा कर दो, जैसा कि २६ वें चित्रमें दिखा-
या गया है । जब उबलना बंद होजाय, स्पंज से उसप-
र कुछ ठंडा पानी डालो; तो उसके भीतर का पानी फि-
र उबलने लगे गा । इस का कारण यह हैकि ठंडा पा-
नी डालने से पहिले उस बर्तन के पानी पर भाप का
बहुत दबाओ था, और यह दबाओ उस को उबलने न-
हिं देताथा । परंतु ठंडा पानी डालने से भाप पानी हो
गयी, और इस लिये दबाओ भी घट गया; और क्योंकि
पानी थोड़े दबाओ में बहुत आसानी से उबलता है, इस
लिये उस बर्तन का पानी उबलने लगा था ।

चित्र २९

इस विषय के इस भाग को छोड़ने से पहिले तुम को बता देना चाहिये कि गलने के समय, (अर्थात् जब कठिन अवस्था से द्रव अवस्था में परिणाम होता हो), कई वस्तु तो फैल जाती हैं और कई सकड़ जाती हैं

परीक्षा ४१—यहां कुछ बर्फ है; यह पानी से हलकी होती है, क्योंकि तुम देखते हो कि यह तुम्हारे सामने पानी पर तैरती है। इस लिये बर्फ से पानी बनने में बहुत सा संकोच होता है, और पानी से बर्फ बनने—अर्थात् जमने के व्यापार में बहुत सा फैलाओ होता है। और यदि एक लोहे के मोटे बर्तन को पानी से भर दें, और ऊपर से खूब बंद करदें तो पानी को जमाने से बर्तन के टूट जाने का संभव है। फौलाद और शायद ढालवां लोहा भी गलने से सकड़ जाता है; अथवा यों कहो कि जमने वा कठिन होने से पानी की तरह फैल जाता है। इस प्रकार फौलाद का टुकड़ा जो अंगारे को

तरह सुलगता हो गली ऊई फौलाद पर तैर सकता है, और प्राय: फालवें लोहे का सुलगता ऊआ टुकड़ा गले ऊए फालवें लोहे पर तैरने लगे। परंतु सोना चांदी और तांबा पिगलने से फैलते हैं, और कठिन होनेसे सुकड़ते हैं; इस लिये वह सांचे के छिद्रों में नहिं जासकते। इस लिये इन धातुओं के सिक्के सांचे में नहिं ढल सकते, किन्तु उन को ठप्पा लगाना पड़ता है।

परंतु गास बनने से सब पदार्थ बऊत फैलते हैं, और एक मुकस्सर इंच उबलते पानी की भाप १,७०० मुकस्सर इंच जगह रोकती है।

(९२) उष्णता के अन्य गुण — अभी तुमने देखा है कि उष्णता से पदार्थ फैलते अर्थात् बड़े होजाते हैं, और उन की अवस्था बदल जाती है, अर्थात् कठिन से द्रवहोजाती है, और यदि फिर भी उष्ण करते जायें तो वायवीय होजाती है। तुमने देखा है उष्णता कितना बलवाला पदार्थ है, इस से लोहे का कठिन से कठिन और दृढ़ से दृढ़ दस्ता सुफैद और मोम सा ढीला होजाता है, और यदि अधिक उष्ण करें तो गास बन कर उड़ जाता है।

उष्णता और कई तरह पदार्थों पर असर करती है, और विशेष करके रसायनिक बल के व्यापार को अधिक कर देती है। यथा थोड़ी उष्णता से कोइला वायु के आक्सीजन के साथ नहिं मिलेगा, और हम जब तक चाहें अपने कोइले रख सकते हैं। परंतु

जब उष्णता पहुंचाई जावे तो मिलाप होता है, और इस मिलाप से भी उष्णता उत्पन्न होती है, इसी प्रकार मिलाप होता रहता है और हम कहते हैं कि कोइला जलता है ।

इसी प्रकार उस परीक्षा में जहां गंधक और तांबा मिलते हैं (रसायन तत्व (६) मिलाप करने के लिये पहिले उष्णता पहुंचाई जाती है, परंतु जब मिलाप होने लगे तो उष्णता अपने आप उत्पन्न होती जाती है, और फिर दीपक से उष्णता पहुंचाने की अवश्यकता नहिं रहती, और सारा व्यापार अपने आप होता रहता है ।

(६३) अति शीतल मिश्र— हम को बताया गया है (रसा॰ त॰ ७) कि रसायनिक संयोग से उष्णता उत्पन्न होती है, और यह बात सदा देखी जाती है; परंतु कई पदार्थ जो एक दूसरे में लीन हो जाते हैं, उन के मिलाप से शीत उत्पन्न होता है । जैसे लून बर्फ में लीन हो जाता है, और उसके मिलाने से बहुत शीत उत्पन्न होता है, अथवा यों कहो कि बहुत सी उष्णता खैंची जाती है ।

परीक्षा ४४ — इस बात के सिद्ध करने के लिये गलती बर्फ में ३२ थोड़ा सा लून मिला दो; और इस मिश्र में उर्म मापक रख कर देखो । नली का पारा ३२° से नीचे उतर आयेगा । इस से जाना गया कि यह मिश्र गलती बर्फ से अधिक ठंडा है ।

अब देखना चाहिये कि इस का क्या कारण है ? इन दो वस्तुओं के मिलाने से एक द्रव पदार्थ बन गया है — वस्तुतः एक खारी पानी बन गया है। तुम को बताया गया है कि जब कोई वस्तु कठिन से द्रव बनती है तो उस की उष्णता गुप्त हो जाती है — जैसे जब बर्फ़ पिगल कर पानी बनती है। यह खारी पानी द्रव पदार्थ होने के कारण बर्फ़ और लून की उष्णता का कुछ अंश खा जाता है, अर्थात् गुप्त कर देता है; इस का फल यह होता है कि दोनो कठिन पदार्थों के मिलाप से एक बहुत ठंडा द्रव पदार्थ उत्पन्न होता है। सो जब दो कठिन पदार्थ एक दूसरे में लीन हो जाते हैं, तो प्रायः उष्णता घट जाती है क्यों कि द्रव पदार्थ कुछ उष्णता को गुप्त कर लेता है। ऐसे पदार्थों के मिलाप से शीतल मिश्र उत्पन्न होते हैं।

इसी प्रकार जो द्रव पदार्थ बहुत जलदी बुखार बन कर उड़ जाय, वह बहुत ठंडा हो जाता है, क्योंकि बुखार बनने के लिये उसे बहुत सी उष्णता चाहिये, और जहां से यह उष्णता मिल सके वहां से निकाल लेता है; यथा यदि तुम अपने हाथ पर कुछ ईथर डालो, तो बहुत ठंडा लगता है, और झट बुखार बन कर उड़ जाता है; वस्तुतः बुखार बनने के लिये उसने बहुत सी उष्णता तुम्हारे हाथ से ली है। कई बार द्रव पदार्थों को बहुत जलदी बुखार बनाकर उड़ाने से बहुत शीत उत्पन्न होता है।

परीक्षा ४५ — इस बात के सिद्ध करने के लिये किसी पेनतले वर्तन में कुछ पानी डालो; एक दूसरे वर्तन में सल्फ्यूरिक एसिड अर्थात् गंधक का तेजाब डाल कर दोनो वर्तनों को वायु निःसारक यंत्र के रिसीवर में रख कर वायु निकाल लो। जितना जितना वायु का दबाओ घटता जाय गा पानी उतना ही शीघ्र बुखार बने गा; और अपने में से इतनी उष्णता निकाल लेगा कि वह जम कर बर्फ हो जायगा।

(६४) उष्णता का फैलना —— अब हम इस विषय के दूसरे भाग की ओर जाते हैं, और इस बात का वर्णन करते हैं कि उष्णता में फैलने की उपयोगिता होती है।

उष्ण पदार्थ सदा उष्ण नहिं रहेगा, किंतु आस पास के ठंडे पदार्थों में उस उष्णता का परित्याग करे गा। सदा ऐसा ही होगा, परंतु भिन्न भिन्न अवस्था के अनु सार भिन्न भिन्न प्रकार से होगा।

परीक्षा ४६ — एक लोहे की सीख को आग में रखो; आग की कुछ उष्णता सीख के उस भाग में चली जायगी जो आग में है; और यह उष्णता सीख में आगे आगे फैलती जाय गी, यहां तक कि आग से बाहिर वाला सिरा भी उष्ण हो जाय गा, और तुम उस को हाथ न लगा सको गे। उष्णता के इस प्रकार सीख में फैलने को संचार कहते हैं।

परीक्षा ४७ — फिर एक बड़ी बोतल लेकर

उस की दो तिहाई पानी से भर दो। फिर उसे आग पर रख दो। जब पानी के निचले परमाणु उष्ण होते हैं तो वह फैल कर हलके हो जाते हैं; फिर वह पानी के ऊपर चढ़ आते हैं जैसे कार्क का टुकड़ा पानी पर चढ़ आता है, और उन के स्थान में अधिक ठंडे और इस लिये, अधिक भारी परमाणु ऊपर से चले जाते है। इस लिये प्रतिक्षण नये नये परमाणु उष्ण होते जाते हैं; और थोड़ी देर पीछे सारा पानी उष्ण हो कर उबलने लगे गा। उष्णता के इस व्यापार का नाम कनवेकशान (अर्थात् प्रसार) है।

सूर्य से जो हमें उष्णता पहुंचती है, उस का समाधान इन व्यापारों में से किसी के द्वारा नहिं होसकता। संचार और कनवेकशान इन दोनो व्यापारों में, कठिन वा द्रव पदार्थों के परमाणुओं द्वारा उष्णता पहुंचती है; परंतु इस बात के लिये प्रमाण हैं कि हमारे और सूर्य के बीच में ऐसे कोई परमाणु नहिं हैं; और तिस पर यह भी जानते हैं कि सूर्य का प्रकाश और उष्णता ९ करोड़ मील से हमारे पास आठ मिनिट से भी थोड़े काल में पहुंच जाती हैं। इस से स्पष्ट प्रतीत होता है कि सूर्य की उष्णता जो हमारे पास आती है, बहुत ही गति से चलती है, और हमारे पास पहुंचने में सूर्य और हमारे मध्यवर्ति परमाणुओं के उष्ण करने की अपेक्षा नहिं रखती। वस्तुतः बड़े शीत दिन में भी जब बहुत ठंडा वायु चलता हो, ऐसा हो सकता है कि सूर्य की किरणें बड़ी तीक्ष्ण हों। जिस व्या-

पार से सूर्य वा किसी और बड़े उष्ण पदार्थ की उष्णता हमारे पास आती है उस को किरणीकरण कहते हैं।

इस से मालूम हुआ कि तीन भिन्न २ प्रकारों से उष्ण पदार्थ की उष्णता ठंडे पदार्थ में पहुंच सकती है; वह तीन यह हैं संचार, प्रसार और किरणीकरण। अब हम यथा क्रम इन सब का वर्णन करते हैं।

(९५) उष्णता का संचार—— हम सीख को आग में रखने का वर्णन कर चुके हैं, और यह भी बता चुके हैं कि थोड़ी ही देर में सीख का दूसरा सिरा भी ऐसा उष्ण होजायगा कि उस को हाथ भी नहिं लगा सकें गे। परंतु यदि धातु की सीख के स्थान में काच वा पत्थर की सीख का एक सिरा आग में डाला जावे तो दूसरा सिरा बहुत उष्ण कभी नहिं होगा, क्योंकि पत्थर में से उष्णता ऐसी अच्छी तरह संचार नहिं करती जैसा धातु में से करती है।

ऊन और पंख और भी अल्प संचारक हैं, और इसी लिये ईश्वर ने जीवों को इन्हीं दो वस्तुओं से ढांप रखा है; क्योंकि जीव की उष्णता प्रायः आस पास के पदार्थों से अधिक होती है, और यह उष्णता ऊन, पंख वा संमूर में से शीघ्र नहिं निकल सकती; और जीव इन्हीं वस्तुओं से आच्छादित होते हैं। इंजन के बायलर का भी यही हाल होता है; जब हम उष्णता को अंदर रखा चाहते हैं तो हम उस को ऐसी वस्तुओं से ढांप देते हैं जिन में से उष्णता बाहिर नहिं निकल सकती।

अल्पसंचारक द्रव्य दो काम देते हैं; एक तो उष्णता को बाहिर नहिं निकलने देते, दूसरा उसको भीतर भी नहिं जाने देते। यथा हम अपने शरीर की उष्णता अंदर रखने के लिये फलालैन पहनते हैं, अथ वा बर्फ के टुकड़े के गिर्द लपेटते हैं कि बाहिर की उष्णता उस को न पहुंच सके। वस्तुतः फलालैन में से उष्णता जलदी संचार नहिं कर सकती, चाहो भीतर से बाहिर जाती हो चाहो बाहिर से भीतर।

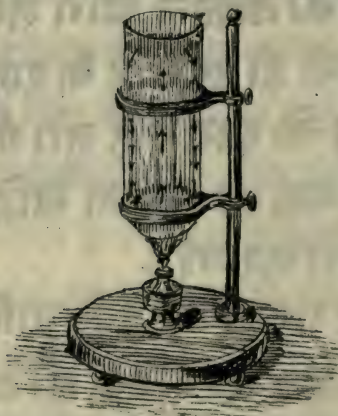
परीक्षा ४८—— इस बात का सिद्ध करना बहुत आसान है कि भिन्न २ पदार्थों में उष्णता के संचार की शक्ति भी भिन्न २ होती है। तुम चित्र में देखते हो कि दो दण्ड हैं, एक ताम्बे का और दूसरा लोहे का; उन के सिरे मिले हुए हैं, और वहांपर दीपक से उष्णता पहुंचाई जाती है। जब दीपक को जलते कुछ काल हो चुके तो फासफोरस के दो छोटे छोटे टुकड़े लो, और दीपक की लाट से दूर ताम्बे के दण्ड पर एक टुकड़ा रखदो। उस को तत्काल आग लग जायगी। फिर दीपक से उतनी ही दूर लोहे के दण्डे पर दूसरा टुकड़ा रख दो; इस को आग नहिं लगे गी। इस से प्रतीत हुआ कि दीपक की उष्णता लोहे की अपेक्षा तांबे में जलदी संचार कर गई।

उष्णता के संचार से सर हम्फरी डेवी साहिब के बनाये सेफटी लैम्प अर्थात् रक्षादीपक का आधार अच्छी तरह समाधान होसकता है। इस दीपक का वर्णन

चित्र २७

पहिले रसायन तत्व में विस्तार से हो चुका है ।

(६६) उष्णता का प्रसार— यदि हम एक पानी से भरा हुआ बर्तन लेकर उस पर एक बर्तन उबलते तेल से भर कर तैरायें तो हम देखेंगे कि तेल की उष्णता बहुत धीरे धीरे नीचे जायगी; वस्तुतः कुछ इंच नीचे उष्णता कुछ भी प्रतीत नहोगी । परंतु यदि पानी वाले बर्तन को ऊपर से उष्णता पहुंचाने के बदले नीचे से उष्णता पहुंचाई जावे, तो हम देखेंगे कि थोड़ेहि काल में पानी उष्ण हो कर उबलने लगेगा । हम पहिले कह चुके हैं कि जो परमाणु उष्ण होंगे

चित्र २८

वह हलके हो कर ऊपर चढ़ जायें गे, और उन के स्थान में ठंडे और भारी परमाणु ऊपर से उतर आयं गे। सो इसी प्रकार चढ़ाओ और उतार बराबर रहता है जैसा कि चित्र में शरों से दिखाया गया है। उष्ण पानी तो मध्य में से चढ़ेगा और ठंडा पानी किनारों के साथ साथ से नीचे उतरे गा।

इस संसार में भी उष्णता के प्रसार के बहुत उदाहरण मिलते हैं, यथा सरोवरों का पानी जाड़ा पड़ने से ठंडा हो जाता है। ऊपर के परमाणु पहिले ठंडे होते हैं, और भारी होकर नीचे डूब जाते हैं, नीचे से उष्ण और हलके परमाणु उन के स्थान पर आजाते हैं। इस प्रकार थोड़े ही काल में सारा पानी ठंडा होकर लग भग ४ं के रह जाता है। उस के पीछे जब और भी ठंडा किया जाय तो अन्य पदार्थों के विरुद्ध पानी सुकड़ना छोड़ फैलने लगता है, और जब जम कर बर्फ़ हो जाता है, तो यह बर्फ़ पानी से हलकी होने के कारण उस पर तैरती रहती है।

अब जो बर्फ़ पानी से भारी होती तो बनते ही डूब कर नीचे बैठ जाती, और ऊपर नया पानी आजाता, और थोड़ी ही देर में सारा सरोवर जम कर बर्फ़ हो जाता। परंतु जाड़ा बर्फ़ की केवल एक तह में से गुज़र कर दूसरी तह तक ही जमा सकता है, और यह व्यापार बहुत धीरे धीरे होता है; इस लिये किसी सरोवर के सदा जमा रहने का डर नहिं है।

इसी प्रकार वायु में भी उष्णता के कारण प्रवाह उत्पन्न होते हैं, और इसी लिये चूल्हे का उष्ण वायु ऊपर चढ़ जाता है, और कमरे का ठंडा वायु उसके स्थान में आता रहता है; और वायुओं के प्रबन्ध में भी यही बात होती है; पृथ्वी के उस भाग पर जिस को हम मध्यरेखा कहते हैं, धूप बहुत पड़ती है, और वहां का वायु उष्ण हो कर ऊपर चढ़ जाता है । इस वायु के स्थान में पृथ्वी के ध्रुवों अर्थात् शीतल प्रदेशों से वायु के प्रवाह आते हैं । इस प्रकार मध्य रेखा के पास वायु के प्रवाह तो ऊपर उठते हैं, और उष्ण वायु को ऊपर हि ऊपर ध्रुवों की ओर लेजाते हैं, और दूसरे प्रवाह पृथ्वी के साथ लग कर चलते हैं, और शीत होने के पीछे फिर उस वायु को मध्य रेखा के पास लाते हैं । इन प्रवाहों को जो पृथ्वी के साथ लग कर रहते हैं, और जो ध्रुवों से मध्य रेखा की ओर आते हैं ट्रेड विंड्स वा वाणिज्यमारुत् कहते हैं (क्योंकि वाणिज्य के लिये जहाज़ों के चलाने में इन से बड़ी सहायता मिलती है)।

(६०) प्रकाशक उष्णता और प्रकाश — तीसरा प्रकार जिस से उष्ण पदार्थ अपनी उष्णता का परित्याग करते हैं किरणी कारण कहलाता है, और इसी के कारण सूर्य की उष्णता हम तक पहुंचती है । परंतु इस का उदाहरण ढूंडने के लिये हम अपने चूल्हे से दूर नहिं जायेंगे । यदि हम बड़ी आग के सामने खड़े हों तो हमारे मुंह और आंखों को उ-

ष्णता से दुःख पहुंचे गा । उबलते पानी की हांडी से भी उष्णता की किरणें निकलती हैं, परंतु यह किरणें आग वा सूर्य की किरणों की तरह आंख में प्रवेश नहिं करतीं और उन से प्रकाश का अनुभव नहिं होता। यथा जब तुम मट्टी के गोले को आग पर रखो, तो यह होगा कि गोला उष्ण होता जायगा, और इस लिये उस में से उष्णता की किरणें निकलें गी; परंतु यह किरणें काली होती हैं और आंखों पर इन का कुछ असर नहिं होता । जब और भी उष्णता पहुंचाते जायें तो उस से कुछ किरणें ऐसी भी निकलती हैं जो आंखों पर असर करती हैं, और वह गोला अंगार की तरह लाल होजाता है, फिर इस का तेज पीला हो जाता है, और इस के पीछे सुफेद, निदान वह गोला सूर्य के समान बड़े प्रकाश से चमकने लगता है । अब हम थोड़ा सा काल इन प्रकाशक किरणों के विषय में जिज्ञासा करें गे ।

(६८) प्रकाश की गति— प्रकाश की गति पहिले पहिल डेन्मार्क देश के रोमर नामी एक ज्योतिषी ने मालूम की थी । इस बात के समझने के लिये हमें याद रखना चाहिये कि जब कोई बंदूक दूर से चलाई जावे तो क्या होता है । हम प्रकाश देखते हैं, और फिर कई एक सेकण्ड के पीछे शब्द सुनाई देता है । इस लिये यह तो स्पष्ट प्रतीत होगया कि जब बंदूक चलती है तो शब्द तत्काल सुनाई नहिं देता, क्योंकि वह प-

काश से पीछे रह जाता है । परंतु क्या प्रकाश तत्काल पहुंच जाता है ? क्या ऐसा नहिं हो सकता कि शब्द और प्रकाश एक ही समय बंदूक से चले हों, और दोनो को हि हम तक पहुंचने में कुछ काल लगा हो, और प्रकाश आगे बढ़ कर हमारे पास पहिले पहुंच गया हो ? यह बात केवल आलोकन और परीक्षा द्वारा निर्णय होसकती है; और आलोकन से ही रोमर् ने भी इसे मालूम कियाथा । आकाश में एक बड़ा ग्रह है, उस का नाम बृहस्पति है । यह ग्रह कभी तो हम से बहुत दूर होता है और कभी हमारे समीप आजाता है । इस ग्रह के साथ बहुत से छोटे छोटे उपग्रह अर्थात् चांद हैं । इन में से एक उपग्रह नियत काल के पीछे इस ग्रह के बिम्ब पर से होकर जाता है; सो यदि हम बड़ी शक्तिवाले दूरदर्शक (दूरबीन) से देखें तो ऐसा दृष्टि में आता है कि वह छोटा उपग्रह बड़े ग्रह के बिम्ब पर से काले बिन्दु की तरह जारहा है । अब रोमर् ने मालूम किया कि जब बृहस्पति हम से बहुत दूर होता है तो देखा जाता है कि उस उपग्रह को बृहस्पति के बिम्ब पर से गुज़रने में जितना काल लगना चाहिये या उस से अधिक लगता है । उस ने यह समझा कि हम इस धरती के लोग इस उपग्रह का बृहस्पति के बिम्ब पर से गुज़रना उस समय नहिं देखते जब कि वह गुज़र रहा हो, किन्तु प्रकाश को बृहस्पति से लेकर हमारी आंख तक पहुंचने में भी उसी प्रकार काल लगता है जैसा कि श-

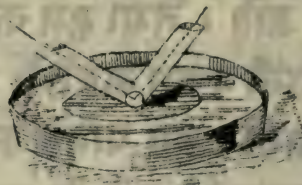
द् को बंदूक से चल कर हमारे कान तक पहुंचने में ।

इस प्रकार तुम देखते हो कि प्रकाश और शब्द दोनों को एक स्थान से दूसरे स्थान जाने में कुछ काल लगता है, केवल इतना विशेष है कि प्रकाश शब्द से बहुत शीघ्र चलता है — प्रकाश १८६,००० मील प्रति सेकण्ड के हिसाब से चलता है, और शब्द एक सेकण्ड में ११०० फ़ुट चलता है । यद्यपि सूर्य हम से ९ करोड़ मील दूर है फिर भी प्रकाश वहां से चल कर केवल ८ मिनिट में पृथ्वी पर आ पहुंचता है, इस लिये यदि सूर्य बुझ जाय तो हम उसे ८ मिनिट पीछे तक भी देख सकें।

परंतु यह न मान बैठना कि प्रकाश छोटे छोटे परमाणुओं का संघात है जो उष्ण पदार्थ से निकल कर एक सेकण्ड में १८६,००० मील उड़ जाते हैं । यदि ऐसा होता तो हम प्रकाश की एक किरण के लगने से टुकड़े टुकड़े हो जाते । जैसा हम कहते हैं कि शब्द कान में आया, उसी प्रकार कहते हैं कि प्रकाश की किरण आंख में आयी । हम पहिले कह आये हैं कि जब बंदूक का शब्द सुनाई देता है तो यह न समझना चाहिये कि वायु के अणु सारी बाट चल कर तोप से हमारे कान तक पहुंचते हैं । इसी प्रकार जब हम प्रकाश की किरण देखें तो इस से यह न समझना चाहिये कि प्रकाश वाले पदार्थ से निकल कर कुछ परमाणु हमारी आंख में घुस जाते हैं । दोनो अवस्थाओं में एक लहर वा तरंग हमारे और उस दूसरी वस्तु के मध्यव-

ति पदार्थ में से हो कर जाता है, और वह प्रहार एक परमाणु से दूसरे परमाणु तक उसी प्रकार पहुंचता है जैसा कि हम ने हाथी दांत के गोलों की परीक्षा में वर्णन किया था (४४) ।

(६९) प्रकाश का प्रतिबिम्बित होना — प्रकाश जब किसी धातु की साफ तल पर पड़ता है तो वहां से प्रति बिम्बित होता है । यदि तुम शीशे के सामने जलती हुई मोमबत्ती लाओ, तो तुम बत्तिका प्रति बिम्ब वा आकार शीशे में देखोगे; अर्थात् बत्ती की किरणें शीशे पर पड़ती हैं, और वहां से प्रतिबिम्बित हो कर तुम्हारी आंख में ऐसे पहुंचती हैं कि मानो शीशे से ही आती हैं, और बत्ती से नहिं आतीं ।

चित्र २९

परीक्षा ४९ — प्रतिबिम्बित होने का व्यापार समझने के लिये एक पेनले बर्तन में कुछ पारा डालो, और जैसा २९ वें चित्र में दिखाया गया है पारे के ऊपर एक वक्र नली जो नीचे से खुली हो रखो, और नली के दहने सिरे से बत्ती का प्रकाश उस में जाने दो; अब यदि तुम बायें सिरे पर अपनी आंख रखो, तो पारे

की तल से प्रति बिम्बित होकर आता हुआ बत्ती का प्रकाश देखोगे ।

सो इस परीक्षा में बत्ती का प्रकाश एक नली से होकर पारे की तल पर लगता है, फिर दूसरी नली द्वारा ऊपर चढ़ कर आंख तक पहुंचता है । परंतु इस में दो बातें अवश्य होनी चाहियें । पहिले तो दोनो नलियों का ढलान बराबर हो, और फिर एक नली दूसरी के ठीक सामने हो, अर्थात् यदि वह अकस्मात् नीचे गिर पड़ें तो एक ही सीध में हों । इस लिये जब कोई प्रकाश की किरण किसी उजली तल से लगे तो प्रति बिम्बित किरण तल से उसी ढलान पर उठती है, जिस पर कि असली किरण तल पर गिरती है; और यदि यह दोनो किरणें दबा कर उस तलके साथ लगाई जावें तो एक ही सीध में होंगी ।

ज्यामिति के बिना तुम प्रतिबिम्ब के नियमों को समझ नहिं सकते, परंतु ३० वें चित्र से शायद इस बात के समझने में कुछ सहायता मिले । इस चित्र में हम ने अ को एक प्रकाशक बिन्दु माना है, जिस से प्रकाश निकलता है, मम दर्पण है । कल्पना करो कि अ से दो किरणें अब और अबं आती हैं, और दर्पण को ब और बं बिन्दुओं पर लगती हैं । फिर यह बउ और बंउं की सीध में देखने वाले की आंख तक चढ़ें गी, और अब किरण के गिरने का ढलान बउ के उठने के ढलान के बराबर है, और अबं किरण के गिरने का ढलान बंउं किरण के उठने के ढला-

चित्र ३०

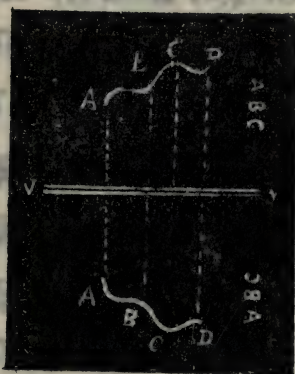
न के बराबर है। अब यदि तुम यह मान लो कि बउ और बंउं दोनो किरणें दर्पण के नीचे को बढ़ाई गयी हैं; और वह अं पर मिलती हैं, और यह बिन्दु दर्पण से उतना ही नीचे है जितना अ प्रकाशक बिंदु दर्पण से ऊपर है। इस लिये आंख को ऐसा प्रतीत होगा कि किरणें असल में अं से आती हैं। इस लिये प्रतिबिम्बित मूर्ति अं का प्रातीतिक स्थान दर्पण के उतना दूर पीछे है, जितना दूर प्रकाशक बिंदु अ उस के सामने है।

इस लिये जब तुम किसी दर्पण के सामने खड़े हो, तो तुम को दर्पण में अपनी मूर्त्ति उतनी दूर दर्पण के पीछे दिखाई देगी जितनी दूर तुम दर्पण के सामने खड़े हो; यदि तुम दर्पण के पास जाओ तो तुम्हारा प्रतिबिंब भी पास आ जाता है, और यदि तुम पीछे हट जाओ तो प्रति बिंब भी पीछे हट जाता है। परंतु तुमको कुछ भेद भी प्रतीत होगा — अर्थात् तुम्हारे दहने अंग मूर्त्ति में बायें दिखाई देंगे परंतु और सब बातों में यह मूर्ति तुम्हारा

पूरा पूरा उतार होगी ।

तुम ३१वें चित्र में देखते हो कि ऊपरले भाग की मूर्ति नीचे को है, और तुम यह भी देखते हो कि किस प्रकार अक्षर मूर्ति में दायें से बायें को जाते हैं, परंतु बायें से दायें को नहिं जाते ।

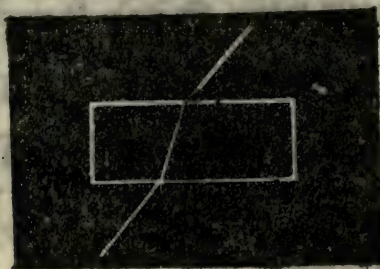
जब उजली प्रतिबिम्बक तल चपटी न हो तो कई बार उस पर अद्भुत मूर्तियें बन जाती हैं । यथा तर्मामापक के गोलाकार में पारे की उजली तल पर दृष्टि करो ।

चित्र ३१

तुम उस में अपनी मूर्ति छोटी और विकराल सी देखोगे, और सारे कमरे की मूर्ति इसी प्रकार की होगी, और कमरे के दूरवाले भाग बहुत हि छोटे दिखाई देंगे ।

फिर दो उजले मध्यनिम्न दर्पण लो (जैसे कि २२वें चित्र में लिये थे) । परंतु अब एक अन्तकेन्द्र में सुलगता गोला और दूसरे में अपना हाथ रखो, तो झट मालूम हो जायगा कि उष्णता के कारण वहां पर हाथ

जलने लगता है। वस्तुतः यदि इस प्रकार के दो बड़े प्रतिबिंबक तुम्हारे पास हों, और एक के अर्द्धकेन्द्र में आग जलती हो तो यद्यपि दोनों प्रतिबिम्बकों के बीच पचास फ़ुट की दूरी हो तुम दूसरे के अर्द्धकेन्द्र में कबाब पका सकते हो। इस का कारण यह है कि आग वाले अर्द्धकेन्द्र से उष्णता की किरणें उस के पास वाले दर्पण पर लगती हैं और फिर ऐसी रेखाओं में प्रतिबिम्बित होती हैं कि दूसरे प्रतिबिम्बक के अर्द्धकेन्द्र में पहुंचती हैं। इस प्रकार मानों एक अर्द्धकेन्द्र में तो आग जलती है और दूसरे में आग की मूर्ति होती है; और वह इतनी उष्ण होती है कि उस पर कबाब पक सकता है।

(७०) प्रकाश का वक्री भाव — परीक्षा ५०— पत्थर के बर्तन में एक छोटा और भारी पदार्थ रख दो, फिर पीछे हटते जाओ यहां तक कि वह पदार्थ बर्तन के किनारे से छिप जाय; फिर कोई और पुरुष उस में पानी डाले। अब वह छोटा पदार्थ फिर नज़र आने लगे गा। इस का क्या कारण है? क्योंकि प्रकाश की किरण उस पदार्थ से चल कर जब पानी से बाहिर आती

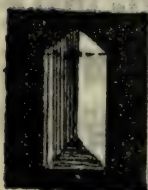
चित्र ३२

है तो और सीध में फिर जाती है, और यदि वह पदार्थ छोटी सी मछली होती तो वह भी तुम को देख सकती।

इस प्रकार मालूम होता है कि यदि कोई किरण पानी पर तिरछी होकर पड़े तो इस प्रकार झुक जाती है कि पानी में प्रवेश करके थोड़ी तिरछी रह जाती है; तथा यदि कोई प्रकाश की किरण पानी से बाहिर निकले तो इस प्रकार झुक जाती है कि वायु में प्रवेश करके अधिक तिरछी होजाती है। यदि पानी के स्थान किसी निर्मल शीशे में कोई प्रकाश की किरण प्रवेश करे तोभी वैसाहि होता है — अर्थात् तिरछी किरण शीशे में प्रवेश करके थोड़ी तिरछी रह जाती है। यदि तुम्हारे पास एक चपटा और मोटा शीशे का टुकड़ा हो तो उसमें प्रकाश की किरण उस प्रकार प्रवेश करे गी जैसा कि ३२वें चित्र में दिखाया गया है। इस चित्र मे हम देखते हैं कि उस किरण का पथ शीशे में प्रवेश करने से पहिले और उस का पथ शीशे में से निकलने के पीछे दोनो एकहि सीध में है (यद्यपि एक हि रेखा में नहिं); परंतु शीशे में से उस का पथ भिन्न है।

अब कल्पना करो कि वह शीशे का टुकड़ा चपटा नहिं किन्तु फ़ाने की तरह है, और खड़ा करके रखा हुआ है; और उसका पेंदा ३३वें चित्र में दिखाया गया है; और जब खड़े हूए को देखें तो ३४वें चित्र की तरह दिखाई देता है। इस प्रकार के काच के टुकड़े को अंगरेज़ी में प्रिज़्म कहते हैं। आओ देखें कि प्रिज़्म में से गुज़रते समय

चित्र ३३

प्रकाश की किरण किस प्रकार फिर जाती है। यह बात ३३ वें चित्र में दिखाई गई है। उस से तुम देख सकते हो कि किरण प्रिज़्म वा फ़ाने के मोटे भाग की ओर झुकी हुई है, वस्तुतः किरण की सीध सर्वथा बदल गयी है।

चित्र ३४

इस से मालूम हुआ कि जब प्रकाश की कोई किरण फ़ाने के आकार वाले काच के टुकड़े में प्रवेश करे तो फाने के मोटे भाग की ओर झुक जाती है।

(७१) लेन्स अर्थात् दर्पण और उन से उत्पन्न हुई मूर्तियें — अब शीशे के टुकड़े का इस तरह से आकार बदलाओ। कल्पना करो कि शीशे का टुकड़ा कुलचे की तरह गोल है; केवल मध्य में से बहुत मोटा और किनारे पर साफ और पतला है; वस्तुतः जब एक ओर से देखा जावे तो सर्वथा गोल प्रतीत होता है, और जब किनारे की ओर से देखें तो ३५ वें चित्र की तरह दिखाई देता है।

चित्र ३५

शीशे के ऐसे टुकड़े को लेन्स वा दर्पण बोलते

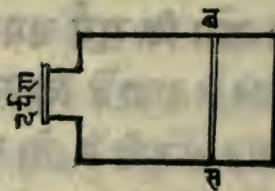
हैं। अब कल्पना करो कि बहुत सी किरणें कुछ दूरी से आ कर इस दर्पण पर पड़ती हैं। तो क्या होगा? दर्पण गोल-फ़ाने का काम करे गा, और यह असल में गोल फ़ाना हि तो है। मध्य में मोटा होने के कारण सारी किरणें दर्पण के मध्य की ओर झुकें गी। प्रकाश की किरणें प्रायः एक बिन्दु पर आमिलें गी जैसा कि ३९वें चित्र से मालूम होगा।

चित्र ३९

अब कल्पना करो कि सूर्य चमकता है, और तुम ने दर्पण को इस प्रकार से रखा है कि सूर्य की किरणें उस की सारी पृष्ठ पर पड़ सकती हैं, तो यह किरणें दर्पण (लेन्स) की दूसरी ओर प्रायः एक बिन्दु पर अकट्ठी होजावे गी; और यदि तुम इस बिन्दु पर कागज़ का टुकड़ा रखो तो तुम सूर्य की एक प्रकाशवाली छोटी सी मूर्ति देखोगे, और वह इतनी उष्ण होगी कि कागज का टुकड़ा जल उठेगा; वस्तुतः दर्पण आतशी शीशे का काम देगा।

परीक्षा ५१ — इस तरह के दर्पण से किसी पदार्थ की मूर्ति उत्पन्न हो सकती है। यहां मैं ने एक ऐसा साधन बना रखा है जिस से एक मोमबत्ती की किरणें सारे दर्पण पर पड़ सकती हैं, और एक चिक-

ने कागज़ पर जो दर्पण के दूसरी ओर रखा है, मोमबत्ती की एक मूर्ति बन गयी है, केवल इतना विशेष है कि वह उलटी दिखाई देती है। और यदि तुम कोई सा चमकीला पदार्थ दर्पण के कुछ दूर सामने रखो तो तुम उस पदार्थ की एक छोटी सी मूर्ति बना सकते हो। यदि तुम अपना मुंह दर्पण के सामने रखो, तो दर्पण के पीछे तुम्हारे मुंह की एक छोटी सी मूर्ति बन जायगी। अब आकसी अर्थात् प्रतिबिंबित मूर्तियें बनाने वाला ठीक ऐसा हि करता है। उस के पास एक काला संदूक होता है, और उस के एक सिरे पर दर्पण लगा हुआ होता है जैसा

चित्र ३७

कि तुम ३७वें चित्र में देखते हो। वह दर्पण को किसी चीज़ वा किसी मनुष्य की ओर लगा कर रखता है तो काले संदूक में उस चीज़ वा मनुष्य की मूर्ति बन जाती है; पहिले तो वह उस मूर्ति को एक ऐसे शीशे पर पड़ने देता है जिस में से बिना अंधेरे वा उजाले के और कुछ भी दिखाई नहिं देता; इस प्रकार वह देख कर जान सकता है कि वह मूर्ति ठीक है वा नहिं। फिर वह उस शीशे को निकाल लेता है, और उस के स्थान पर एक दूसरा शीशा रख देता है। इस दूसरे शीशे पर एक

ऐसीवस्तु लगी हुई होती है जिस पर प्रकाश का असर हो सकता है। संदूक के अंदर की मूर्ति ठीक इस रसायनिक पदार्थ पर पड़ती है, और उस मूर्ति के उजले भाग शीशे की सतह पर असर कर जाते हैं, परंतु काले भाग कुछ भी असर नहिं करते। इस प्रकार उस पदार्थ की मूर्ति अपना आकार जमालेती है, परंतु इस में उजले भाग काले और काले भाग उजले प्रतीत होते हैं, इस लिये इस मूर्ति को विपरीत बोलते हैं। इस विपरीत मूर्ति से यथावत मूर्तियें उतर सकती हैं।

(७२) बृहद्दर्शक शीशे — दर्पण सूक्ष्म पदार्थों को बड़ा दिखाने में भी काम आते हैं तब इन को बृहद्दर्शक बोलते हैं। जिस वस्तु को तुम बड़ी करके देखना चाहते हो शीशे को उस के बहुत निकट रखना पड़ता है; अर्थात इस बृहद्दर्शक द्वारा चांद वा ग्रह आदि किसी दूर के पदार्थ को नहिं देख सकते; तुम केवल निकट के पदार्थ को हि बड़ा कर के देख सकते हो। यदि चांद वा किसी ग्रह को बड़ा कर के देखना चाहो तो दो शीशे वर्तने पड़ें गे; एक तो बड़ा शीशा होगा, जिस के द्वारा चांद वा किसी ग्रह की मूर्ति उसी प्रकार बन जाय गी जैसा कि आतशी शीशे से सूर्य की छोटी सी मूर्ति बन गयी थी, और दूसरा बृहद्दर्शक होगा जिस के द्वारा यह मूर्ति बड़ी होजायगी।

सो जब किसी निकट वस्तु को बड़ा कर के देखना हो तो बृहद्दर्शक से काम लेंगे, परंतु यदि किसी दूर की

वस्तु को बड़ा करना चाहो तो पहिले एक दर्पण द्वारा उस दूर के पदार्थ की अपने निकट एक मूर्ति बनाओ; फिर इस मूर्ति को असली वस्तु मान कर हृहद्दर्शक द्वारा बड़ा करे लो। इन दो शीशेांको, जिन में से एक तो दूर के पदार्थ की मूर्ति बनाता है और दूसरा इस मूर्ति को बड़ा कर देता है, मिलाने से दूरदर्शक यंत्र बनता है। उर्दू में इस को दूरबीन बोलते हैं। यह शीशे नलियों में बंद किये रहते हैं कि इधर उधर का प्रकाश उनपर न पड़ सके।

(७३) भिन्न भिन्न प्रकार के प्रकाश भिन्न २ प्रकार से झुकते हैं — मैं पीछे दिखा चुका हूं कि प्रिज़्म अर्थात् शीशे के फ़ाने में से जाते समय प्रकाश की किरण झुक जाती है। अब मैं यह बताऊंगा कि सब प्रकार का प्रकाश एक हि तरह से नहिं झुकता। ३९ वें चित्र में हम देखते हैं कि लाल प्रकाश की किरण प्रिज़्म वा शीशे के फ़ाने में से हो कर किस प्रकार झुक जाती है। यदि किरण नारंजी रंग की होती तो कुछ अधिक झुकती, पीली होती तो इस से भी अधिक और यदि हरी होती तो पीली से भी अधिक, यदि नीली होती तो हरी से भी अधिक, और यदि गाढ़ी नीली होती तो नीली से भी अधिक, और यदि नील लोहित होती तो गाढ़ी नीली से भी अधिक झुकती। अब यदि इस किरण में लाल, नारंजी पीला, हरा, नीला, गाढ़ानीला और नील लोहित यह सातों रंग मिले हुए हों तो प्रत्येक रंग प्रिज़्म से निकलने के समय भिन्न २ प्रकार से झुके

ओर इस लिये ओरों से अलग अलग प्रतीत हो । इस लिये यद्यपि प्रिज़्म में प्रवेश करते समय सब रंग मिले ऊए थे, परंतु उस से बाहिर निकल कर सब अलग अलग दिखाई देते हैं ।

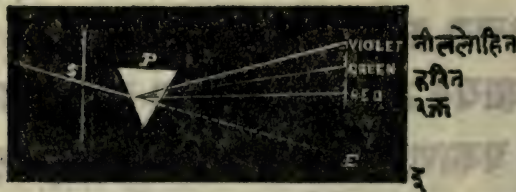
इस प्रकार प्रिज़्म प्रकाश की मिश्र किरण को तोड़ कर अलग अलग बना देता है, ओर इस प्रकार सारे रंग अलग अलग होजाते हैं ।

शायद तुम को यह बात आश्चर्य प्रतीत होगी कि सफेद प्रकाश (जैसे सूर्य्य का प्रकाश) वस्तुतः लाल, नीला, पीला आदि पूर्वोक्त सब रंगों के मिलाप से बनता है, परंतु थोड़ा सा विचार करने के पीछे मालूम होजायगा कि यह बात ठीक है ।

हम सब जानते हैं कि जब किसी मणि वा बिलोर वा ओस की बून्दों पर प्रकाश की किरणें पड़ें तो बड़े विचित्र रंग दिखाई देते हैं ।

ऐसे पदार्थों में इन्द्रधनुष के सारे रंग झलकते हैं; इस से हमारे मन में यह बात उपजती है कि शायद इन्द्र धनुष के रंग भी उसी तरह दिखाई देते हों जैसा कि ओस की बूंदों में दिखाई देते थे । क्या इस के नाम मात्र सेहि प्रकट नहिं होता कि आकाश में उसी प्रकार की अनगिनत बूंदें हैं जैसी कि घास पर हीरों की तरह चमकती हैं ? क्या इन सब आभासों का एक हि कारण नहिं ? यदि है तो वह क्या है ? यह कारण सर आईज़क न्यूटन साहिब ने मालूम किया था, ओर उसी ने पहिले पहिल सिद्ध किया था

कि सुफेद प्रकाश वस्तुतः बहुत से विविध रंगों के मिलाप से बनता है, और वह किरणें विविध वस्तुओं में से गुज़र कर एक दूसरी से अलग होजाती हैं। हम पहिले कह चुके हैं कि मिश्र किरण को प्रिज़म द्वारा विविध रंग की किरणों में विभक्त कर सकते हैं।

चित्र ३८

कल्पना करो कि किसी अंधेरे कमरे में कवाड़ के एक लंबे छिद्र में से धूप आती है (जैसे कि ३८ वें चित्र में दिखाया गया है)। अब यदि कोई प्रिज़म न हो, और हम द से कवाड़ के छिद्र की ओर देखें तो हम प्रकाश के विना और कुछ न देखें गे। वस्तुतः हम छिद्र में से सूर्य को देख सकें गे। अब प्रिज़म रखो जैसा कि चित्र में दिखाया गया है; अब यदि द पर अपनी आंख रख कर देखें तो फिर वह छिद्र दिखाई नहिं देगा। परंतु यदि हम अपनी आंख को प्रिज़म के मोटे भाग की ओर करें तो फिर हमें छिद्र का प्रकाश दिखाई देगा, पर अब उसका स्वरूप बहुत बदला हुआ होगा। अब पहिले की तरह पतली और उजली लकीर नहिं दिखाई देगी, परंतु विचित्र रंगों का चौड़ा पटका सा दिखाई देगा। एक सिरे पर लाल रंग होगा, और फिर यथाक्रम नारंगी, पीला, हरा,

नीला, गाढ़ानीला और नील लोहित रंग होंगे ।

यदि हम इस बात का ध्यान रक्खें कि सूर्य का सुफ़ेद प्रकाश असल में बड़ुत से रंगों का मिलाप है, तो जो हम पहिले कह चुके हैं उस से यह सब समाधान हो सकता है। इस लिये यह सिद्ध ड़ुआ कि किरणें प्रिज़म में से गुज़रते ड़ुए केवल झुक हि नहिं जातीं, किन्तु झुकाओ भी सब का बराबर नहिं होता, और इसी कारण हर एक तरह के प्रकाश के लिये प्रकाश की एक एक रेखा अपने अपने स्थान पर होगी; सो उस छिद्र की बड़ुत सी मूर्तियें एक दूसरे के पास बन जावें गी; और प्रकाश का पटका सा बन जावे गा, एक सिरे पर लाल रंग होगा क्योंकि लाल किरणें थोड़ा झुकती हैं, और नील लोहित किरणें दूसरे सिरे पर होंगी, क्योंकि ऐसी किरणें बड़ुत झुकती हैं । इस विचित्र रंगों वाले प्रकाश के पटके को स्पेकट्रम् बोलते हैं, और यदि सूर्य के प्रकाश से बनाया जावे तो उस को सौर स्पेकट्रम बोलते हैं ।

(७४) पूर्वोक्त का संक्षिप्त वर्णन— प्रकाश और उष्णता के विषय में मैं तुम को बड़ुत कुछ बता चुका हूं । पहिले तुमने यह सीखा है कि जब तुम पदार्थों को उष्ण करने लगो तो पहिले उन में से काली किरणें निकलने लगती हैं, परंतु जब उष्णता बढ़ाते जाओ तो किरणें प्रकाशक हो जायेंगी और आंखों पर असर करने लगें गी । फिर तुम को उजली तल से इन किरणों के प्रति बिंबित होने के विषय में कुछ बताया गया था । तुम को यह भी बताया गया है कि जब वह पानी वा शीशे में से हो कर जायें, तो उन

का पथ बदल जाता है, और शीशे का प्रिज़्म किरणों को अपने मोटे भाग की ओर झुकाता है। फिर तुम को यह बताया गया है कि लेन्स अर्थात् दर्पण चारों ओर से किरणों को अपने मध्य वा मोटे भाग की ओर झुकाता है, और यदि तुम सूर्य का प्रकाश दर्पण पर पड़ने दो तो सूर्य की एक छोटी सी प्रकाशक मूर्ति बन जाती है, और इस मूर्ति से कागज़ के टुकड़े को आग लग जाती है, और यदि वहां पर हाथ रखें तो हाथ जलने लग जाता है।

तुम ने यह भी सीखा है कि दर्पण के द्वारा हम चांद और ग्रहों की मूर्ति बना सकते हैं, और यदि तुम इस मूर्ति के पास आकर बृहद्दर्शक शीशे से देखो तो बहुत बड़ा चान्द और बहुत बड़ा ग्रह देखो गे, और दो शीशों को इस प्रकार मिलाने से दूरदर्शक यंत्र बनता है। निदान यह भी बताया गया है कि भिन्न भिन्न रंगों की किरणें प्रिज़्म द्वारा भिन्न भिन्न प्रकार से झुक जाती हैं, और प्रिज़्म प्रकाश की किरण को विविध रंगों में विभक्त कर देता है।

अब पूरा करने से पहिले हम उष्णता के स्वभाव के विषय में कुछ वर्णन करें गे।

(७५) उष्णता का स्वभाव— पहिले हम उष्णता को शब्द के साथ उपमा दे आये हैं, और तुम को बता आये हैं कि उष्ण पदार्थ में प्रयत्न होता है। अब हम फिर उसी उपमा को लेते हैं। शब्द में हम को दो वस्तुओं के विषय में जिज्ञासा करनी पड़ती है, पहिले तो थरथराने वाले पदार्थ के विषय में; और फिर उन प्रहारों के विषय

में जो इस पदार्थ से हमारे कान तक पहुंचते हैं, और जिन के कारण हम शब्द सुनते हैं ।

तुम को बताया गया था कि उष्ण पदार्थ के परमाणु बड़े वेग से थरथराते हैं, और जिस प्रकार थरथराने वाले पदार्थ से शब्द निकल कर कान में पहुंचता है, उसी प्रकार उष्ण पदार्थ से प्रकाश निकल कर आंख तक पहुंचता है । परंतु घंटा अथवा फौलक आदि वस्तुओं में क्या कर थरथराहट उत्पन्न कर सकते हैं ? केवल उन पर प्रहार करना पड़ता है । तुम घंटे पर भारी हथौड़ा वा मोंगरी लगाते हो, और वह थरथराने लगता है । घंटे के साथ लगने से पहिले यह मोंगरी गति की अवस्था में होती है, इसी लिये इस में प्रयत्न भी होता है, और कर्म कर सकती है। घंटे को लगने से पीछे इस का प्रयत्न कहां जाता है ? वस्तुतः इस का प्रयत्न घंटे में चला गया है, क्योंकि अब घंटा थरथरा रहा है, और हम पहिले कह चुके हैं कि थरथराने वाले पदार्थ में प्रयत्न होता है । इस लिये उस प्रयत्न का नाश नहिं हुआ, वह केवल हथौड़े से घंटे में चला गया है । अब कल्पना करो कि एक लोहार सीसे के टुकड़े पर बड़े बल से हथौड़ा मारता है, उस से एक भद्दा सा शब्द निकलता है, परंतु घंटे की तरह कोई थरथराहट उत्पन्न नहिं होती । तो इस प्रहार का प्रयत्न कहां जाता है ? घंटे की तरह बदल कर थरथराहट तो नहिं होगया — तो फिर इस को क्या हो गया ? क्या यह नष्ट हो गया है ? हम उत्तर देते हैं कि यह बदल कर उष्णता हो गया है । इस

प्रहार से सीसा उष्ण होगया और उस के सारे परमाणु थरथराने लगे हैं, परंतु छुटे की तरह नहिं और यदि लोहार बहुत काल तक उस टुकड़े पर हथौड़े मारता रहे तो मैं कह सकता हूं कि वह सीसा पिगल भी जाय ।

कई बालक पीतल के बटनों को लकड़ी के टुकड़े से घिसाते हैं । बटन को घिसाने में जो प्रयत्न खर्च होता है उस को क्या हो जाता है ? हम उत्तर देते हैं कि वह बदल कर उष्णता बन जाता है; और उसी काल बटन को हाथ लगा कर मालूम कर सकते हो ।

परीक्षा ५२—— इस बात के सिद्ध करने के लिये कि प्रहार का प्रयत्न किस प्रकार उष्णता में बदल जाता है, एक मोम की दियासलाई लो जिस के सिरे पर फासफोरस लगा हुआ हो । उस को पत्थर पर रख कर हथौड़े वा पत्थर से प्रहार करो, तुम देखो गे कि उष्णता इतनी उत्पन्न होगी कि फासफोरस को आग लग उठे गी ।

इस प्रकार मालूम हुआ कि रगड़ से उष्णता उत्पन्न होती है, और तुम ने देखा होगा कि अंधेरी रातमें प्रतिबंधक चक्र से, जिस को अंगरेज़ी में ब्रेकह्वील कहते हैं, आग के चिंगारे निकलते हैं । ऐसी सब अवस्थाओं में विद्यमान दृश्य प्रयत्न उस प्रकार के प्रयत्न में बदल जाता है जिस को हम उष्णता कहते हैं; भेद केवल इतना हि है कि दृश्य प्रयत्न से सारा पदार्थ गति करता है, और उस के सारे परमाणु एक हि क्षण में एकहि दिशा में गति करते हैं, परंतु उष्णता में भिन्न भिन्न परमाणु बहुत शी-

ग्रता से आगे पीछे गति करते हैं, और सारे का सारा पदार्थ गति नहिं करता । इस प्रकार तुमने देख लिया कि दृश्य प्रयत्न उष्णता में बदल सकता है, और मैं तुम को यह भी बताऊं गा कि उष्णता फिर कुछ न कुछ दृश्य प्रयत्न में बदल सकती है । स्टीम इंजन में सारा काम कौन करता है ? क्या बाइलर का पानी अग्नि से उष्ण नहिं होता ? इस स्थान पर जलते कोइलों की उष्णता रूप प्रयत्न का एक भाग वस्तुतः उस दृश्य प्रयत्न में बदल जाता है जिस से डाट ऊपर नीचे गति करती है, अथवा चक्र घूमता है ।

वस्तुतः स्टीम इंजन का सारा कर्म्म उष्णता से निकाला जाता है । इस प्रकार तुम ने देख लिया है कि हम विद्यमान प्रयत्न को उष्णता में बदल सकते हैं; तथा स्टीम इंजन में हम उष्णता को फिर विद्यमान प्रयत्न में बदल सकते हैं,

उद्भूतविद्युत् पदार्थ ।

(७६) संचारक तथा असंचारक — दो हज़ार वर्ष से अधिक काल हुआ है कि लोग इस बात को जानते थे कि जब तृणमणि के टुकड़े को रेशमी कपड़े से रगड़ें तो वह हलके पदार्थों को खेंचने लगता है; और लग भग तीन सौ वर्ष के हुए हैं कि डाक्टर गिलबर्ट ने यह सिद्ध कर दिया था कि गंधक, लाख, और काच आदि बहुत से पदार्थों में यहि तृणमणि का सा गुण होता है ।

यहां से हमारी विद्युद्विद्या का थोड़ा बहुत प्रारंभ हुआ, यह विद्या पिछले थोड़े से बर्षों में इस उत्कर्ष को पहुंची है कि हम यूरप और अमेरीका के बीच एक सेकण्ड से भी थोड़े काल में संदेश भेज सकते हैं ।

परीक्षा ५३— एक धातु का डंडा और एक काच का डंडा लो । पहिले काच के डंडे और एक रेशमी कपड़े के टुकड़े को उष्ण करके काच को रेशमी कपड़े से रगड़ो, तो काच में कागज़ और सरकंडे के गुद्दे के छोटे छोटे टुकड़े खेंचने का गुण उत्पन्न होगा, परंतु यह गुण उसी स्थान में उत्पन्न होगा जिस को तुम ने रेशमी कपड़े से रगड़ा था। रगड़ने से काच में एक नया गुण तो उत्पन्न हो गया, परंतु यह गुण सारे दण्डे में नहिं फैल सकता । यहां तक काच का वर्णन होलिया । अब धातु के दण्डे को लेकर चलते विद्युत् यंत्र से छू दो, तो हम देखें गे कि धातु में भी वहि गुण उत्पन्न होजाय गा, अर्थात् यह भी कागज़ आदि हलके पदार्थों को खेंचने लगे गा, परंतु इस में यह गुण सब जगह फैल जाय गा । इस से सिद्ध हुआ कि धातु पर विद्युत् का असर फैल सकता है, परंतु काच पर नहिं फैलता । इस लिये काच को असंचारक और धातु को संचारक बोलते हैं । काच पर न उष्णता अच्छी तरह फैल सकती है न विद्युत्, परंतु धातु पर यह दोनो वस्तु फैल सकती हैं । कोइले, एसिड, पानी में लीन हो जाने वाले लवन, पानी, और जीवों के शरीर बहुसंचारक हैं, परंतु धातु के बराबर नहिं; तथा रबर,

सूखा वायु, रेशम, काच, मोम, गंधक कपूर, और लाख यह सब अल्प संचारक हैं ।

विद्युत संबंधी परीक्षाओं में कृतार्थ होने के लिये इस बात का ध्यान रखना चाहिये कि जब एक बार विद्युत प्राप्त हो तो उस को निकलने न दें । हमें चाहिये कि उस को असंचारक पदार्थों से ढांप दें । इस लिये शुष्क वायु में परीक्षा करनी और जिस पदार्थ में विद्युत हो उस को काच के सहारे पर रखना बहुत अच्छा है ।

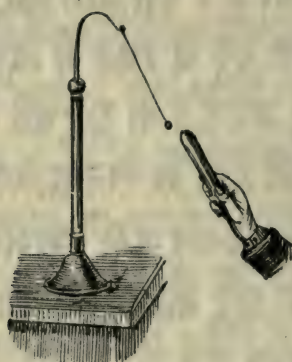
(७७) दो प्रकार की विद्युत — परीक्षा ५८—

अब मैं तुम्हें इस बात का निश्चय कराऊं गा कि विद्युत दो प्रकार की होती है । इस बात को सिद्ध करने के लिये वह यंत्र बरतो जो ३९ वें चित्र में दिखाया गया है । इस में एक छोटी सी सरकंडे के गूदे की गोली रेशम के तागे द्वारा एक काच की डंडी से लटक रही है । पहिले तो एक शीशे का डंडा लेकर उसे रेशमी कपड़े से रगड़ो, और रगड़े हुए डंडे से गूदे की गोली को छूदो । इस से शीशे के डंडे से विद्युत गूदे की गोली में चली जाय गी, और बाहिर न निकल सके गी, क्यों कि रेशम का तागा, काच का सहारा और पास का खुश्क वायु यह सब असंचारक हैं । अब यदि तुम ध्यान धर के देखो तो मालूम होगा कि जब शीशे का डंडा एक बार गूदे की गोली को छू चुके तो, फिर यह गोली शीशे की ओर खेंची नहिं आयगी, किंतु उस से परे हटने लगे गी । अब एक लाख की बत्ती उठाओ और खुश्क फलालैन पर रगड़ो,

ग्रेार इस बत्ती को गुद्दे की गोली के पास लाग्रेा; तब दे-
खेा गे कि वहि गुद्दे की गोली जेा रगड़े ज़ुए शीशे से परे भा-
गती थी रगड़ी ज़ुई लाख की ग्रेार खेंची ग्राय गी ।

इस प्रकार मालूम ज़ुग्रा कि गुद्दे की गोली पहिले रग-
ड़े ज़ुए शीशे के साथ एक बार छूने से उस शीशे से परे हटने
लगे गी; परंतु रगड़ी ज़ुई लाख उसे खेंच लेगी ।

ग्रब यदि हम इसी क्रिया को उलटी रीति से करते ग्रेा-
र गुद्दे की गोली को पहिले रगड़ी ज़ुई लाख से छूते, तो
फिर गोली उस लाख से भागने लगती ग्रेार रगड़े ज़ुए शी-
शे की ग्रेार खेंची ग्राती ।

चित्र ३६

इस से यह जाना गया कि विद्युत् दो प्रकार की होती
है, ग्रर्थात् एक तेा वह जेा रगड़े ज़ुए शीशे से उत्पन्न होती
है, ग्रेार दूसरी जेा रगड़ी ज़ुई लाख से उत्पन्न होती है ।

बात यह है कि जब हमने पहिले गुद्दे की गोली को
रगड़े ज़ुए शीशे से छूदिया तेा शीशे की विद्युत् का एक
ग्रंश गोली में चला गया । ग्रब गोली रगड़े ज़ुए शीशे से

परे भागने लगी । इस से सिद्ध हुआ कि जिन पदार्थों में एक प्रकार की विद्युत् भरी हो वह एक दूसरे को परे हटाते हैं । परंतु यदि गुद्दे की गोली में रगड़े हुए शीशे की विद्युत् भरी हो, तो लाख उसे खेंच लेगी, और यदि रगड़ी हुई लाख की विद्युत् भरी हो तो रगड़ा हुआ शीशा उसे खेंच लेगा । इस से यह सिद्ध हुआ कि जिन पदार्थों में विपरीत प्रकार की विद्युतें भरी हो वह एक दूसरे को खेंच लेते हैं ।

(७८) जब तक पदार्थ रगड़े न जावें तब तक उन में दोनो प्रकार की विद्युत् मिली जुली रहती है— हम कल्पना कर सकते हैं कि प्रत्येक पदार्थ में कुछ न कुछ विद्युत् दोनो प्रकार की मिली जुली रहती है, और रगड़ने से हम केवल दोनो प्रकार की विद्युतों को अलग २ कर देते हैं । इस लिये जब हम लाख के टुकड़े को फलालेन से रगड़ें तो हम केवल दो प्रकार की विद्युतों को एक दूसरी से अलग कर देते हैं— एक प्रकार की विद्युत् तो लाख में हि रहती है, और दूसरे प्रकार की फलालेन में पीछे रह जाती है । इसी प्रकार जब हम शीशे को रेशमी कपड़े पर रगड़ते हैं तो हम केवल दो प्रकार की विद्युतों को अलग कर डालते हैं, एक तो शीशे में रह जाती है, और दूसरी रेशमी कपड़े में । जहां रगड़ने से विद्युत् उत्पन्न होती है, वहां यहि बात होती है; और यह नहिं हो सकता कि एक प्रकार की विद्युत् उत्पन्न करें और ठीक

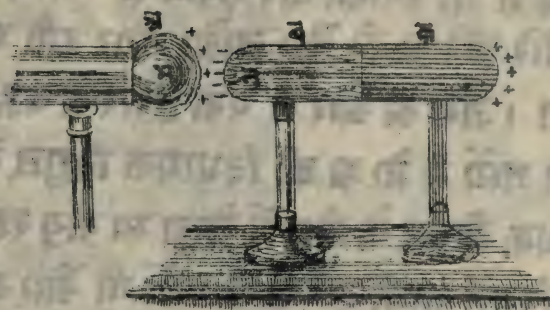
उतनी हि दूसरे प्रकार की विद्युत् उत्पन्न न हो। निदान यह सिद्ध हुआ कि हम विद्युत् को उत्पन्न नहिं करते, केवल दो प्रकार की विद्युतों को एक दूसरी से अलग कर डालते हैं।

शीशे के डंडे को रेशम के साथ रगड़ने से जो विद्युत् प्रकट होती है उस को हम विधायक कहते हैं, और जो लाख में प्रकट होती है उस को हम निषेधक कहते हैं। यह दो प्रकार की विद्युत् में भेद करने के लिये शब्द मात्र हैं।

(७९) रगड़े हुए पदार्थों का न रगड़े हुए पदार्थों पर असर— हम देख चुके हैं कि एक हि प्रकार की विद्युतें एक दूसरी को परे हटाती हैं, परंतु भिन्न प्रकार की विद्युतें एक दूसरी को खेंचती हैं। अब हम ने यह मालूम करना है कि निम्न लिखित अवस्था में क्या होगा कल्पना करो कि (४० वें चित्र में) अ एक पीतल का खाली गोला है, और उस के बायें हाथ का नल भी पीतल का है, और यह शीशे के ऊपर टिकाये हुए हैं कि अ में जो विद्युत् हो वह बाहिर न निकल सके।

ब और क दो और पीतल के नल हैं, और इस तरह जुड़े हुए हैं कि केवल मध्य में से अलग हो सकते हैं, और वहां तुम देखते हो कि चित्र में एक लकीर सी बनी हुई है, ब और क दोनो कांच के पायों पर टिके हुए हैं कि उन की विद्युत् बाहिर न निकल सके।

अब कल्पना करो कि अ में विधायक विद्युत् भरी है,

चित्र ४०

और ब और क में विद्युत् प्रकट नहिं है। अब ब और क को अ की ओर सरकाओ। ब और क में अभी विद्युत प्रकट नहिं हुई, इस लिये उन की दोनो विद्युतें अभी तक मिली जुली हैं। परंतु जब तुम उन को अ की ओर सरकाओ गे, तो अ की विधायक विद्युत् ब की निषेधक विद्युत् को अपनी ओर खेंचे गी, और विधायक विद्युत् को क के दाहने सिरे पर हटा देगी (जैसा कि चित्र में दिखाया गया है)।

अब यदि हम क को ब से अलग कर लें, और फिर ब को अ से, तो ब में कुछ निषेधक और क में कुछ विधायक विद्युत् होगी, परंतु अ की विद्युत् ज्यों की त्यों रहे गी।

वस्तुतः हम ने अ की विद्युत् द्वारा ब और क की दो विद्युतों के एक भाग को अलग कर लिया है, और अ से हम जितनी वार चाहें यहि काम ले सकते हैं। अ की विद्युत ने ब और क की विद्युतों को अलग करने में जो व्यापार किया उस को हम वैद्युत प्रतिष्ठापन बोलते हैं।

(८०) वैद्युत स्फुलिंग—हम एक और प्रकार से भी परीक्षा कर सकते हैं। अब ब और क को धीरे धीरे अ की ओर लाओ, और इसी प्रकार करते जाओ। जब अ और ब एक दूसरे के बहुत हि समीप आ जायें गे तो अ की विधायक विद्युत् और ब की निषेधक विद्युत् के बीच में थोड़ा सा वायु रह जाय गा, निदान विद्युतें इतनी बलिष्ट हो जायें गी और वायु इतना थोड़ा रह जाय गा कि दोनो विद्युतें दौड़ कर मिल जायें गी, और एक स्फुलिंग निकलता हुआ दिखाई देगा। इस से अ की विधायक विद्युत् का कुछ भाग और ब की निषेधक विद्युत् सारी की सारी निकल जाय गी। अब यदि हम ब और क को अलग करलें, तो क में कुछ न कुछ विधायक विद्युत् बची रहे गी, वस्तुतः जितनी विधायक विद्युत् अ से निकल गयी है, उतनी हि क में आगयी है। सेा यों समझना चाहिये कि मानेा अ की विद्युत् का कुछ अंश क में चलागया है।

(८१) विविध परीक्षा—जो कुछ हमने विद्युत् के संचार के विषय में लिखा है, कई आसान और आश्चर्य परीक्षाओं द्वारा सिद्ध हो सकता है, पर यह याद रखना चाहिये कि इन परीक्षाओं में काच के यंत्र सर्वथा स्वच्छ और उष्ण होने चाहियें।

परीक्षा ५५—तुम ४९ वें चित्र में देखते हो कि एक ऐसा यंत्र है जिस के द्वारा हम विद्युत् का होना मालूम कर सकते हैं। इस का नाम स्वर्ण पत्र विद्युद्दर्शि-

चित्र ४१

क है। तुम्हें इस का व्यापार दिखाने के लिये पहिले हम इस के सिरे पर के गोले में कुछ विधायक विद्युत् भर देते हैं। यह विद्युत् झट सोने के पत्रों में चली जाय गी, क्योंकि इन में और गोले में वैद्युत संबंध है। अब इन दोनो पत्रों में एक ही प्रकार की विद्युत् भरी है, इस लिये वह एक दूसरे से परे हटें गे (जैसा कि तुम चित्र में देखते हो)।

परीक्षा ५६—— अब विद्युद्दर्शक में विधायक विद्युत् तो भर गई; आओ इस के गोले के पास शीशे की डंडी रगड़ कर लावें; यह लो सोने के पत्र एक दूसरे से और भी परे हट गये। इस का कारण यह है कि रगड़े हुए शीशे की विधायक विद्युत् गोले की मिश्रित विद्युत को अलग अलग कर के निषेधक को तो अपनी ओर खेंच लेती है और विधायक को सोने के पत्रों की ओर हटा देती है। सो यदि पत्रों में कुछ विधायक विद्युत् पहिले से भरी हो तो वह एक दूसरे से और भी परे हट जायें गे।

परीक्षा ५७—— यदि विद्युद्दर्शक में विधायक विद्युत भरी हो और हम एक लाख की डंडी रगड़ कर उस के गोले के पास लावें तो सोने के पत्र परे नहिं हटें गे, किंतु आपस में मिल जायें गे। इस का कारण यह है कि रगड़ी हुई लाख की निषेधक विद्युत् गोले की मिश्रित

विद्युत का विच्छेद कर देती है, और विधायक को अपनी ओर खेंच कर निषेधक को सोने के पत्रों की ओर हटा देती है। परंतु सोने के पत्रों में पहिले विधायक विद्युत भरी थी। इस का एक अंश तो निषेधक विद्युत के पहुंचने से नष्ट होजाय गा, इस लिये पत्र आपस में मिल जायें गे।

परीक्षा ५८—— हमारे पास एक पीतल का खोखला गोला है, जो काच के पाए पर टिका हुआ है। अब इस को चलते विद्युत यंत्र के पास लाओ तो एक छोटी सी चिंगारी निकले गी। अब खाली गोले के उस भाग को, जो यंत्र से परे है, अंगुली से छू दो तो बड़ी चिंगारी निकले गी।

इस परीक्षा से चिंगारी का कारण जो (८०) में वर्णन हो चुका है, अच्छी प्रकार समझ में आजाता है। यंत्र की विधायक विद्युत गोले की निषेधक विद्युत को अपनी ओर खेंचती है, और विधायक को यथासंभव दूर हटा देती है। परंतु यह गोला काच के पाए पर रखा है, इस लिये विधायक विद्युत बहुत दूर नहिं जाती, और न अच्छी तरह दोनो विद्युतें अलग हो सकती हैं; इस का फल यह होता है कि एक शिथिल सी चिंगारी निकलती है। परंतु जब तुम पीतल के खाली गोले को छू दो तो उस की विधायक विद्युत हमारे शरीर में से हो कर धरती में चली जाती है, और इस तरह दोनो विद्युतें बहुत दूर अलग हो जाती हैं, इसी लिये बड़ी चिंगारी निकलती है।

(८२) नोकों का असर—— पिछली परीक्षा में यदि तुम पीतल के गोले को बराबर छूते रहो, और

विद्युद्यंत्र भी चलता हो तो बहुत सी चिंगारियें तुम्हारे शरीर में से हो कर पृथ्वी में जायेंगी, और इन से तुम को कुछ पीड़ा भी होगी। असल में विद्युद्यंत्र का स्फुलिंग और बिजली की चमक एक हि वस्तु है — केवल इतना भेद है कि बिजली की चमक एक बड़ा स्फुलिंग होता है। सो जिस प्रकार किसी मनुष्य पर बिजली गिरती है तो विद्युत् उसके शरीर में से हो कर पृथ्वी में जाती है, उसी प्रकार जब हम पिछली परीक्षा के गोले को छूते हैं तो विद्युत् हमारे शरीर में से होकर पृथ्वी में जाती है।

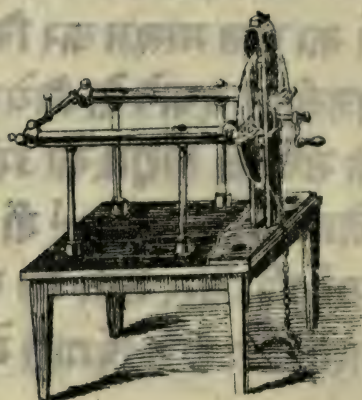
परीक्षा ५६— अब उस गोले के साथ एक नोक लगा दो, और उस यंत्र के विद्युत्कोष के पास इस नोक को ले जाओ, और फिर गोले को अंगुली से छू दो। अब विद्युद्यंत्र से चिंगारियें निकलनी बंद हो जायें गी, किंतु विद्युत् का एक प्रवाह बंध जाय गा। वस्तुतः नोकदार चीज़ें विद्युत् को उत्पन्न होते हि शीघ्र निकाल देती हैं और उसे अकट्ठा होकर चिंगारी बनने का अवकाश नहिं देती। अब हम ने उन धातु के कंडक्टरों अर्थात् संचारकों का फल मालूम कर लिया है जो ऊंचे मंदिरों को बिजली से बचाने के लिये लगाये जाते हैं। यह नोकदार धातु के संचारक विद्युत् को उसी प्रकार चुप चाप पृथिवी में लेजाते हैं जैसे कि ५६ वीं परीक्षा में गोली की नोक लेगई थी; और जैसा उस परीक्षा में गोली की नोक के कारण मेरा हाथ चिंगारी से बचा रहा था, उ-

सी प्रकार संचारक लगाने से बड़े २ मंदिर बिजली से बचे रहते हैं ।

फ्रैंक्लिन नामी एक अमेरीका देश के विद्वान् ने पहिले पहिल मालूम किया था कि बिजली और विद्युत् शक्ति एक हि पदार्थ हैं— भेद केवल इतना है कि बिजली का स्फुलिंग कई मील लंबा होता है, और विद्युत् का स्फुलिंग एक दो इंच होता है ।

(८३) विद्युद्यंत्र— अब तुम विद्युद्यंत्र की बनावट को समझ सकते हो । इस यंत्र के दो भाग होते हैं— एक से तो विद्युत् उत्पन्न होती है और दूसरे में इकट्ठी होती जाती है ।

सब से विख्यात वह यंत्र है जिस में एक बड़ा शीशे का चक्र घूमने से विद्युत् उत्पन्न होती है (देखो चित्र ४२) । जब इस चक्र को फेरते हैं तो वह दो जोड़ी गद्दियों से रगड़ता हुआ जाता है । इन में से एक जोड़ी नीचे और दूसरी ऊपर लगी हुई होती है । यह गद्दियें प्रायः चमड़े

चित्र ४२

की होती है, और इन में घोड़े के बाल भरे होते हैं कि शीशे के चक्र को अच्छी तरह दबाती रहें। इन गद्दियों के चमड़े पर एक मुलायम धातु लगा होता है। यह धातु इस प्रकार बनाया जाता है कि एक अंश जस्त, एक अंश रांग और दो अंश पारे को मिला कर पिगलाते हैं। एक धातु का संगल भी होता है जो दोनो गद्दियों के नीचे से होकर पृथिवी तक पहुंचता है। जब शीशे के चक्र को फिरायें तो विधायक विद्युत् शीशे में उत्पन्न होती है, और निषेधक गद्दियों में। गद्दियों की निषेधक विद्युत् संगल द्वारा पृथ्वी में चली जाती है, और उस में फैल कर लुप्त होजाती है। अब निषेधक विद्युत् तो निकल गयी, केवल विधायक शीशे के चक्र पर बाकी रह गयी। शीशे के गिर्द दो पीतल के डंडे हैं, और यह एक धातु के बड़े नल से जिस को विद्युत्कोष कहते हैं लगे हुए होते हैं (देखोचित्र)। यह विद्युत्कोष शीशे के पायों पर टिका हुआ होता है कि जितनी विद्युत् इस में आवे बाहिर न निकलने पावे। शीशे के पास वाले दोनो डंडों में धातु की नोकें लगी हुई होती हैं। तुम को बताया गया है कि यह नोकें विद्युत् को बहुत खेंचती हैं। इस का यह फल होता है कि यह नोकें शीशे की विधायक विद्युत् को खेंच कर विद्युत्कोष में ले जाती हैं। यहां यह विद्युत् ठैरी रहती हैं क्योंकि विद्युत्कोष शीशे के पायों पर टिका है। जो शीशे के चक्र को बहुत देर तक फेरते रहें तो विद्युत्कोष में बहुत

विद्युत् जमा हो जाती है।

परीक्षा ६०—— जब विद्युद्यंत्र के कोष में विद्युत् भरी हो, और मैं अपनी अंगुली उस के पास ले जाऊं, तो अंगुली और विद्युत्कोष के बीच में एक चिंगारी निकलती हुई दिखाई देती है। इस का कारण यह है कि मेरी अंगुली में दोनों प्रकार की विद्युतें मिली जुली थीं, अब विद्युत्कोष की विधायक विद्युत् उन को अलग कर देती है, और विधायक को मेरे पाओं द्वारा पृथ्वी में हटा कर निषेधक को अपनी ओर खेंचती है।

फिर दोनों विद्युतें—— अर्थात् विद्युत्कोष की विधायक विद्युत् और अंगुली की निषेधक विद्युत्—— वायु में से हो करके मिल जाती हैं और एक चिंगारी उत्पन्न होती है।

(८४) लेडन का मर्तबान—— परीक्षा ६१—— जब तुम अपनी अंगुली विद्युद्यंत्र के पास लाते हो तो चिंगारी निकलती है और ऐसा मालूम होता है कि तुम्हारी अंगुली में कुछ चुभ गया; परंतु कोई बड़ा धक्का नहिं लगता। जो यह चाहो कि तुम्हें धक्का लगे तो लेडन के मर्तबान से काम लेना चाहिये। इसका

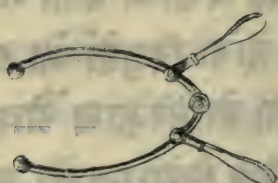
चित्र ४२

आकार ४२वें चित्र में दिया है। यह काच का मर्तबान होता है; इस के अंदर और बाहिर गर्दन से नीचे रंग की पत्री मंढी हुई होती है। एक पीतल की डंडी जिस के सिरे पर एक गोली होती है,

नाक में से जाकर अंदर पत्नी से लगी होती है । इस प्रकार मर्तबान पर दो पत्नियें हुई, एक अंदर और दूसरी बाहिर, और यह एक दूसरी से सर्वथा अलग हैं, क्योंकि शीशे में से विद्युत का संचार नहिं हो सकता । अब यदि मर्तबान को बाहिर की पत्नी से हाथ में पकड़ कर, उस की गोली को चलते विद्युद्यंत्र के विद्युत्कोष के पास लाऊं तो उस में से विधायक विद्युत अंदर की पत्नी में चली जायगी । फिर यह बाहिर की पत्नी की दोनो विद्युतों को अलग २ कर देगी, अर्थात् विधायक को तो मेरे हाथ और शरीर द्वारा पृथिवी में धकेल देगी, और निषेधक को अपनी ओर खेंचे गी । इस प्रकार अंदर की पत्नी में विधायक विद्युत की फ़ौज और बाहिर की पत्नी में निषेधक विद्युत की फ़ौज दोनो एक दूसरी से भिड़ना चाहें गी, परंतु बीच में शीशा है, वह यह बात नहिं होने देता । यह दोनो फ़ौजें एक दूसरी की ताक में ऐसी लगी हैं, कि वह सावधानता से अपने अपने स्थान खड़ी रहें गी । अब हम थोड़ी सी और विधायक विद्युत डालते हैं, जैसे पहिले हुआ था अब भी वैसा हि होगा, अर्थात बाहिर की पत्नीमें जो दो प्रकार की विद्युतें मिली जुली हैं, वह अलग अलग हो जायें गी, विधायक तो मेरे शरीर में से हो कर पृथिवी में चली जाय गी, और निषेधक बाहिर की पत्नी में विधायक विद्युत की उस फ़ौज के सामने रहे गी, जो अब दो अंदर भेजी गयी है । अब दो फ़ौजें अंदर और दो बाहिर एक दूसरी के सामने खड़ी हैं । इसी प्रकार करने

से हम मर्तबान की दोनो पत्रियों में प्रतिकूल विद्युतों की बहुत सी फ़ौजें अकट्ठी कर सकते हैं ।

अब यदि हम मर्तबान को विद्युतों से खाली करना चाहें तो विद्युन्निस्सारक दण्ड को काम में लाना चाहिये । इस का आकार चित्र में दिखाया गया है । इस को शीशे के दस्तों से पकड़ना चाहिये, और एक गोली को

चित्र ४४

बाहिर की पत्री से छूकर दूसरी गोलीको धीरे धीरे उस गोली के पास लाना चाहिये जो अंदर की पत्री के साथ लगी हुई है। जब दो गोलियें पास आयें गी तो एक बड़े प्रकाश वाला स्फ़ुलिंग निकले गा, और उस के साथ एक शब्द भी सुनाई देगा; और मर्तबान खाली हो जाय गा । यदि हम अपने आप को धक्का पहुंचाना चाहें तो एक हाथ से बाहिर की पत्री को पकड़ कर दूसरा हाथ उस गोली के पास लाना चाहिये जो अंदर की पत्री से संबंध रखती है । इस प्रकार विद्युत् हमारे शरीर में से हो कर निकले गी, और मर्तबान खाली हो जायगा । यदि बहुत से मनुष्य अपने आप को धक्का पहुंचाना चाहें । तो सब एक दूसरे का हाथ पकड़े, और एक सिरे वाला बाहिर की पत्री को पकड़े और दूसरे सिरे वाला मर्तबान की गोली को छूए, तो सब के शरीरों को धक्का लगेगा ।

(८५) उद्भूतविद्युत् पदार्थों का प्रयत्न—

ऊपर के वर्णन से मालूम हो गया होगा कि विद्युत् में प्रयत्न होता है । तुम ने देखा है कि मर्तबान की दो प्रतिकूल विद्युतें एक दूसरी की ओर बल से आकर मिल जाती हैं, और उन के मिलने से एक स्फुलिंग और एक शब्द उत्पन्न होता है । यह स्फुलिंग जब तक रहता है, बड़ा प्रकाशक होता है; और यद्यपि यह एक सेकण्ड के चौबीस हज़ार वें भाग से अधिक काल नहिं रहता फिर भी इस में बहुत सी उष्णता होती है, उष्णता से पाया जाता है कि उस में प्रयत्न भी है, और इसी लिये जब मर्तबान में से विद्युत् निकालते हैं तो वह प्रयत्न जिस को हम विद्युत् कहते हैं बदल कर एक अन्य प्रकार का प्रयत्न होजाती है जिस को हम उष्णता वा तेज कहते हैं ।

जब विद्युत् में प्रयत्न होता है तो उस के उत्पन्न करने को परिश्रम वा कर्म चाहिये; और इसी लिये यंत्र को घुमाना पड़ता है । परंतु विद्युत् के कारण इस यंत्र को घुमाना भी बड़े परिश्रम का काम है । इस प्रकार मालूम हुआ कि अभाव से कुछ नहिं उत्पन्न होता; अर्थात् यदि तुम प्रयत्न उत्पन्न करना चाहो तो तुम को कर्म करना पड़े गा । परंतु जब दोनो विद्युतें मिल जाती हैं तो प्रयत्न का नाश नहिं हो जाता, केवल विद्युत् बदल कर उष्णता बन जाती है ।

(९६) विद्युत् का प्रवाह— तुम देख चुके हो कि जब चलते विद्युद्यंत्र के पास किसी नोकदार संचारक द्रव्य को लाओ तो विद्युत् का अविच्छिन्न प्रवाह

उस नोक द्वारा तुम्हारे शरीर में से होकर पृथ्वी में जायगा (८२)।

परंतु विद्युत के उग्र प्रवाह उत्पन्न करने का एक और भी साधन है जो विद्युद्यंत्र से भी अच्छा है। हम इस को पहिले पहिल वाल्टा नामी इटली देश के रहने

चित्र ४५

वाले ने निकाला था; इसी लिये इस को वाल्टाइक बेटरी अर्थात् वाल्टा का मोरचा कहते हैं। इस का स्वरूप ४५ वें चित्र में दिखाया गया है। तुम देखते हो कि सब से परे बायें हाथ को त एक ताम्बे का पत्र है। फिर एक जस्त का पत्र है जिस पर ज का चिह्न है; यह एक तार से जुड़ा हुआ है। यह तार अगले बर्तन में ताम्बे के पत्र से लगी हुई है। दूसरे बर्तन में एक और भी जस्त का पत्र है, और वह भी उसी तरह तीसरे बर्तन में ताम्बे के पत्र से तार द्वारा मिला हुआ है। दहने हाथ को सब से परे एक जस्त का पत्र है। कल्पना करो कि सब बर्तनों में गंधक का तेज़ाब पानी में मिला कर भरा है, और मोरचे के बायें सिरे पर जो तांबे का पत्र है और दायें सिरे पर जो जस्त का पत्र है दोनों में तारें लगा कर उन को मिला दिया है।

(इन तारों को मोरचे की अवी तारें बोलते हैं)। अब देखो गे कि विधायक विद्युत का प्रवाह धारों की दिशा में चक्कर खाता फिरे गा। अब हम इस बात का पता निकालेंगे कि वह किधर को हो कर जाता है। पहिले वह उस तार से आता है जो बायें हाथ को सब से परे ताम्बे के पत्र से लगी ड़ई है, फिर लंबी तारों में से होकर दायें सिरे पर जस्त के पत्र में आताहै, फिर घुले ड़ए तेजाब में से हो कर तांबे के पत्र तक पड़ंचता है, और वहां से तार के साथ साथ जस्त के दूसरे पत्र में जाता है, फिर मध्य वाले बर्तन के तेजाब से होकर ताम्बे के पत्र में प्रवेश करता है; और वहां से तार द्वारा बायें हाथ के बर्तन में जस्त के पत्र तक पड़ंचता है, निदान तेजाब में से हो कर फिर उसी पत्र में पड़ंचता है जहां से कि पहिले चलाथा।

(८०) ग्रोव साहिब का विद्युत का मोरचा —

जिस मोरचे का ऊपर वर्णन ड़आ है उस को वाल्टा साहिब ने पहिले पहिल बनाया था; परंतु उस के समय से लेकर विद्युत का प्रवाह उत्पन्न करने की रीतियों में बड़त कुछ सुधार ड़आ है।

वाल्टा की रीति से प्रवाह यद्यपि पहिले बड़त बलवान होता है, परंतु शीघ्र हि निर्बल हो जाता है। अब एक ऐसी रीति मालूम होगई है जिस के द्वारा विद्युत का प्रवाह पूरे बल में रह सकता है। इस प्रकार के मोरचों को स्थिर मोरचे कहते हैं, और इन में ग्रोव साहिब का मोरचा सब से अच्छा होता है; इस का आकार ४८वें चित्र

में बना हुआ है । इस में प्रत्येक बर्तन दोहरा होता है; बाहिर का बर्तन काच का होता है और अंदर वाला मट्टी का और मसामदार होता है । बाहिर वाले काच वा पत्थर के बर्तन में थोड़ा सा सल्फ़्यूरिक एसिड अर्थात् गंधक का तेज़ाब पानी से मिल कर भर देते हैं । इस तेज़ाब के अंदर एक जस्त का पत्र होता है जिस पर पारा चढ़ा हुआ होता है, फिर इस बाहिर वाले बर्तन के अंदर एक और मट्टी का मसामदार बर्तन होता है, इस में नीत्रा नाईट्रिक एसिड अर्थात् शोरे का तेजाब डालते हैं, और इस तेज़ाब के अंदर प्लाटिनम का एक पत्र होता है । वाल्टा साहिब के मोरचे में इस की जगह तांबे का पत्र होता है ।

जब यह मोरचा चलता है तो गंधक के तेज़ाब में जस्त के घुलने से हाईड्रोजन गास निकलता है । परंतु यह गास बुलबुले बन कर बाहिर नहिं निकलता, किंतु मसामों द्वारा शोरे के तेजाब में मिल जाता है । वहां शोरे के तेज़ाब का विच्छेद कर के उस का कुछ आक्सीजन अपने साथ मिला कर पानी बन जाता है क्योंकि आक्सीजन और हाईड्रोजन के मिलाप से पानी बनता है । इस से शोरे का तेज़ाब शिथिल होजाता है, और यह बात इस तरह प्रतीत होती है कि उस में से नारंजी रंग का धुंआं सा निकलने लगता है । इस प्रकार हाईड्रोजन प्लाटिनम के पत्र तक नहिं पहुंच सकता; और असल में यह सारा उपाय भी इसी लिये किया था कि हाईड्रो-

जन प्लाटिनम तक न पहुंच सके, क्योंकि वाल्टा साहिब के मोरचे में यहि दोष था कि जस्त के लीन होने से जो हाईड्रोजन उत्पन्न होता था वह तांबे के पत्र से चिमट जाता था, और इसी कारण मोरचे का बल भी ग्रुट जाता था।

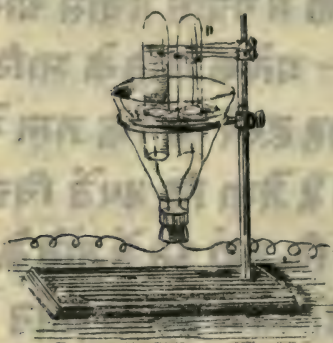
यह तो ग्रोव साहिब के मोरचे के एक हि खाने का वर्णन है, परंतु इस प्रकार के मोरचों में पचास पचास और कभी सौ सौ भी खाना होता है — प्रत्येक खाने के प्लाटिनम में जो तार लगी हुई होती है वह दूसरे खाने के जस्त से ठीक उसी प्रकार मिली हुई होती है जैसा कि ४५वें चित्र में देखते हो, केवल इतना भेद है कि जहां उस में तांबे के पत्र थे, इस में प्लाटिनम के होते हैं; उस में इकहरे वर्तन थे, इस में दुहरे होते हैं। फिर जिस प्रकार वाल्टा के मोरचे में विधायक विद्युत का प्रवाह जस्त के पत्र से द्रव वस्तु की राह होकर तांबे के पत्र में जाता था, ग्रोव के मोरचे में जस्त के पत्र से द्रव वस्तु की राह हो कर प्लाटिनम के पत्र में आता है।

(९८) वैद्युत प्रवाह के गुण — अब देखना चाहिये कि वैद्युत प्रवाह क्या क्या काम दे सकता है। यह बात दो चार सुगम परीक्षाओं द्वारा मालूम हो सकती है।

परीक्षा ६२ — ग्रोव का मोरचा बना कर चलता करो, फिर उस की ध्रुवी तारों के बीच में प्लाटिनम की एक सूक्ष्म तार लगा दो; जब इस प्रकार ध्रुवी तारों में संबंध हो जाय गा, और वैद्युत प्रवाह चलने लगे गा तो

वह सूक्ष्म तार तप कर लाल होजाय गी ।

परीक्षा ९३ — ग्रोव का मोरचा बना कर चलता करो, और पानी से भर कर औंधी की हुई दो नलियों में उस की ध्रुवी तारें लगा दो (देखो चित्र) । तुम देखो गे

चित्र ४६

कि वैद्युत प्रवाह से पानी का विच्छेद होने लगे गा, और नलि में आक्सीजन और दूसरी में हाईड्रोजन एकट्ठा होने लगेगा । जो ध्रुवी तार प्लाटिनम के पत्र से मिली हुई है, उस के सिरे पर आक्सीजन गास, और जो जस्त के पत्र से लगी है उस के सिरे से हाईड्रोजन गास निकलने लगे गा । अब तुम समझ गये होगे कि इस मोरचे में इतनी शक्ति होती है कि उस से पानी का विच्छेद हो सकता है । इस के द्वारा और भी कई मिश्र द्रवों का विच्छेद कर सकते हैं ।

परीक्षा ९४ — देखो यह तांबे की तार है और इस पर तागा लपेट रखा है कि उस की विद्युत् बाहिर न निकल सके, और इस तार को एक नाल के स्वरूप वाले लोहे के मोटे टुकड़े पर लपेट रखा है; अब मोरचे की ध्रुवी तारों को इस तांबे की तार के सिरे से मिला दो । यदि मोरचा चलता हो तो लोहे की नाल में और लोहे को खेंचने की शक्ति हो जाय गी यहां तक कि यदि एक

चित्र ४७

लोहे की तख्ती को लगा कर उस के साथ बोझ लटका दें, तो वह तख्ती बोझ समेत लटकी रहे गी। परंतु जिस समय नाल और मोरचे का संबंध जातारहे गा, तो नाल में यह शक्ति न रहेगी, और बोझ झट गिर पड़े गा।

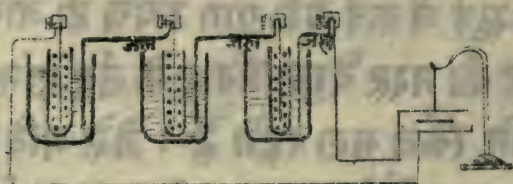
परीक्षा ६५ — पिछली परीक्षा की नाल में जब वैद्युत प्रवाह जारहा हो तो सख्त फ़ूलाद की कोई वस्तु, अथवा मोजे बुनने की सूई लेकर लगा दो। इस सूई में कई ऐसे गुण उत्पन्न हो आयें गे जो कोमल लोहे की तरह वैद्युत प्रवाह के बंद होने से नष्ट नहिं हो जाते, किंतु सदा रहते हैं। जैसे यदि हम इस सूई के ठीक मध्य में रेशम का बारीक तागा बांध कर लटका दें, और उसे हरिज़ तल के समानान्तर रखें तो उस के सिरे सदा उत्तर और दक्षिण की ओर रहें गे। वस्तुतः यह सूई ध्रुवदर्शक यंत्र की सूई बन जाय गी, और उस की नोक सदा एकहि दिशा में रहे गी। समुद्र में जहां चारों ओर बिना पानी के और कुछ दिखाई नहिं देता, मलाह लोग इसी यंत्र की सहायता से ठीक मार्ग पर जहाज़ चला सकते हैं। जिस फ़ूलाद के टुकड़े में यह गुण हो उस को, चुम्बक कहते हैं।

परीक्षा ६६ — चुम्बक सूई को एक खड़ी सूई पर इस प्रकार लगाओ कि हरिज़ तल में फिर सके।

इस के सिरे उत्तर और दक्षिण को होंगे । अब इस के पास एक ऐसी तार लाओ जिस में वैद्युत प्रवाह जा रहा हो । सूई इस प्रकार फिर जायगी कि इस तार के साथ सम कोण बनाये गी ।

यदि हम प्रवाह बंद कर दें तो फिर सूई अपनी पहिली दिशा में आजाय गी ।

परीक्षा ६० —— अड़तालीसवें चित्र में जिस यंत्र का आकार बना हुआ है उस की सहायता से पिछली परीक्षा का हृत्तांत और भी खुल जाय गा। कल्पना

चित्र ४७

करो कि हमारा मोरचा कमरे के एक कोने में पड़ा है, और उस के ध्रुवों में लम्बी लम्बी तारें लगी हुई हैं, इन तारों पर तागा लिपटा हुआ है । इन तारों को कमरे के दूसरे कोने तक लेजाकर मिला दो । अब मोरचा चलने लगेगा । जो कोना मोरचे से बहुत परे है उस में एक चुम्बक सूई तार के पास लटक रही है । अब इस तार में से विद्युत का प्रवाह जायगा, तो यह सूई बड़े वेग से फिर जाय गी । अब यदि कोई सामने के कोने में जाकर किसी तार को ध्रुव से अलग करदे तो झट विद्युत् का प्रवाह बंद होजायगा, और चुम्बक सूई अपने असली स्था-

ने पर आ जाय गी ।

(८९) वैद्युत तार — इस प्रकार मालूम ऊआ कि जब कमरे के एक कोने में तार को मोरचे से अलग करते हैं, तो उसी समय दूसरे कोने की सूई हिल जाती है । यदि हम ध्रुवों से लगी ऊई तारों को ९०० वा १००० मील परे ले जाकर जोड़ें तौ भी यहि होगा । यह तार जिस के अंदर विद्युत का प्रवाह जाता है चाहो मोरचे से १००० मील की दूरी पर क्यों न हो, जब विद्युत का प्रवाह तार में से होकर जायगा, तो चुम्बक सूई जो उस के पास लटक रही है अवश्य फिर जायगी । परंतु जिस समय तार का दूसरा सिरा, जो मोरचे से १००० मील दूर है मोरचे के ध्रुव से अलग किया जावे गा तो उसी समय प्रवाह बंद हो जाय गा, और चुम्बक सूई अपने असली स्थान पर आ जाय गी । इस से तुम ने जान लिया कि हम मोरचे के ध्रुवों से तार को मिला कर वा हटा कर हज़ार मील की दूरी पर चुम्बक सूई को किस प्रकार हिला सकते हैं ।

तार का भी यहि मूल है । तुम जानते हो दो चार सेकण्ड में तार द्वारा अमेरीका देश की खबरें हमारे पास पऊंच सकती हैं । मैं इस विषय का यहा पूरा वर्णन नहिं कर सकता, परंतु इतना तो तुम जानते हो कि १००० मील की दूरी पर भी चुम्बक सूई को हिला सकते हैं, और इन चिन्हों से, जो अक्षरों का काम देते हैं, खबरें पऊंच सकती हैं ।

(९०) निगमन — अब तुम ने सीख लिया है कि वैद्युत प्रवाह क्या २ कर सकता है । पहिले तो जिस पतली

तार में से होकर जाय उस को तपा देता है, और पानी और कई अन्य मिश्रों का विच्छेद कर देता है; तीसरा, कोमल लोहे को क्षण मात्र चुम्बक बना देता है; और चौथा सख्त फ़ुलाद को चिरस्थायी चुम्बक बना देता है; और पांचवां ध्रुवदर्शक की सूई को अपने स्थान से परे हटा देता है, और इसी गुण के कारण बड़े बड़े दूर देशों में तार द्वारा संदेशा पहुंच सकते हैं ।

इस सुन्दर विषय का हम पूरा पूरा वर्णन नहिं कर सकते; परंतु यहां पर मैं तुम को यह जता देता हूं कि तुम ने भौतिक पदार्थों की विविध अवस्थाओं का वृत्तांत मालूम कर लिया है । पहिले हम ने गति वाले पदार्थों का वर्णन कियाथा, फिर यथाक्रम थरथराने वाले; उष्ण, और उद्भूत विद्युत् पदार्थों का, और सारे कथन में हमने इसी बात को सिद्ध करने का यत्न किया है कि वस्तुओं के प्रयत्न कभी नष्ट नहिं होते । एक वस्तु का प्रयत्न दूसरी में तो चला जाता है, और दृश्य प्रयत्न शब्द और उष्णता में भी परिणत हो जाता है, परंतु उस का नष्ट हो जाना ऐसा हि असंभव है जैसा कि भौतिक परमाणु का ।

वस्तुतः जिस प्रकार रसायन विद्या का बड़ा सिद्धांत यह है कि भौतिक पदार्थों का केवल स्वरूप बदल सकता है, परंतु उन के सूक्ष्म अवयवों का कभी विनाश नहिं होता इसी प्रकार जड़ विज्ञान का यह सिद्धांत है कि प्रयत्न अर्थात् कर्मशक्ति का भी केवल स्वरूप हि बदल सकता है, सर्वथा विनाश कभी नहिं होसकता । परंतु इस सिद्धांत का पूरा विवरण क-

ड़े बड़े पुस्तकों में पढ़ेंगे ॥

मिदं पुस्तकम् समाप्तम् ∴ ∴

याद रखने की बातें

इंग्रेज़ी माप तोल में एक पौगड ७००० ग्रेन का होता है ।

यदि किसी ऊंचे स्थान पर खड़े होकर पत्थर को हाथ से छोड़ें तो वह पहिले सेकराड में १६ फ़ुट नीचे गिरे गा ।

धातुओं में फ़ूलाद सब से दृढ़ होती है, परंतु कूटने से फैलजाने का गुण सोने में सब से अधिक है; क्योंकि सोने के एक मुकस्सर इंच को कूट कर इतना बड़ा बना सकते हैं कि ५० फ़ुट लंबी और ४० फ़ुट चौड़ी फरश पर बिछ सके ।

हीरा सब वस्तुओं से कठिन होता है, इस से प्रत्येक वस्तु पर लकीर खोद सकते हैं, परंतु इस पर किसी और वस्तु से लकीर नहिं खुद सकती ।

पानी के एक मुकस्सर इंच का तोल लग भग २५२ ग्रेन के होता है, इस लिये ४ मुकस्सर इंच का तोल लग भग १००० ग्रेन के होता है ।

वायु के १०० मुकस्सर इंच तोल में ३१ ग्रेन होते हैं ।

कार्बोनिक एसिड के १०० मुकस्सर इंच तोल में ४७ ग्रेन होते हैं ।

हाईड्रोजन के १०० मुकस्सर इंच का तोल केवल २ ग्रेन

होता है ।

वायु का दबाओ पारे के ३० इंच और पानी के ३० फ़ुट ऊंचे दराड को सहार सकता है ।

शब्द् वायु में लग भग १,१०० फ़ुट प्रति सेकराड के हिसाब से चलता है

यदि किसी बाजे की तार एक सेकराड में ५० बार थरथराये तो उस से गम्भीर और नीचा स्वर निकलता है; यदि एक सेकराड में १०,००० बार थरथराये तो ऊंचा स्वर निकलता है

वर्फ के एक पौराड को पिगलाने में जितनी उष्णता खर्च होती है, उस से ७९ पौराड पानी एक अंश उष्ण हो सकता है । एक पौराड उबलते पानी को भाप बनाने में जितनी उष्णता खर्च होती है, उस से ५३७ पौराड पानी एक अंश उष्ण हो सकता है ।

प्रकाश आकाश में लग भग १९०,००० मील प्रति सेकराड के हिसाब से चलता है ।

लेडन के मर्तबान से जो चिंगारी निकलती है, वह केवल एक सेकराड के चौबीस हज़ारवें भाग तक रहती है ।

यंत्रों के विषय में

जिन यंत्रों को काम में लाना हो उन को पाठ से पहिले मेज़ पर रख कर पाठक को इस बात का दृढ़ निश्चय कर लेना चाहिये कि मैं छात्रों के सामने परीक्षा कर सकूं गा। पाठ के पीछे यंत्रों को सावधानता से अपने २ स्थान पर रख देना चाहिये ।

वायुनिस्सारक यंत्र की डाट को चर्बी लगा देनी चाहिये कि उस में कस कर आजाय । इस बात का भी ध्यान रखना चाहिये कि रिसीवर अर्थात् फ़ानूस तख्ते पर ठीक जम जाय, सो इस को भी खूब चर्बी लगा देनी चाहिये । इस से वह फानूस तख्ते पर सफाई से हिल सके गा, और कुछ शद न होगा, परंतु यदि कुछ शद सुनाई दे तो जान लेना चाहिये कि कोई छोटा सा कंकर रह गया होगा । इस अवस्था में फानूस को नीचे से साफ कर के फिर चर्बी लगानी चाहिये । अर्धगोलों (चित्र १५) में भी ऐसा हि करना चाहिये ।

२८वीं परीक्षा के संदूक को कार्बानिक एसिड गास से भरने में जिस नली द्वारा कार्बानिक एसिड आता हो उस को संदूक के पेंदे से कुछ ऊपर रखना चाहिये, सख्या साथ हि न लगा देना चाहिये

जब परीक्षा २९ में उसी संदूक को हाईड्रोजन से भरना हो तो गास वाली नली को संदूक के पेंदे के बहुत निकट तक चढ़ा देना चाहिये । इस परीक्षा में संदूक का पेंदा ऊपर को होगा ।

४५वीं परीक्षा का प्रारंभ करने से पहिले सब सामग्री को कई घंटों तक किसी ठंडे कमरे में रखना चाहिये ।

फास फोरस को पकड़ने में बड़ी सावधानता चाहिये क्यों-कि उस को झट आग लग उठती है । फासफोरस को पानी में रखना चाहिये, और छोटे २ टुकड़ों को बर्तने से पहिले ब्लाटिंग पेपर में रख के सुखा लेना चाहिये ।

यदि पारे की चमक मधम पड़ जाय, तो कागज का एक टुकड़ा लेकर उस की पीक बनाओ, और उस के नीचे एक बहुत बारीक छिद्र रहने दो । इस पीक में धीरे धीरे पारा डालते जाओ, और नीचे एक बर्तन रख कर उस में पड़ने दो; अब फिर उस की चमक ज्यों की त्यों होजायगी ।

पारे को और धातुओं के साथ मिलने नहिं देना चाहिये । मोरचे में लगाने के लिये थोड़ा सा अलग रखना चाहिये ।

विद्युद्यंत्र को बर्तने से पहिले शीशे के चक्र को अच्छी प्रकार से उष्ण कर देना चाहिये । इस लिये उस का सिरा आग की ओर करके कभी २ दस्ते को फेरना चाहिये कि चक्र के सब भागों को उष्णता पहुंच जाय । यदि इस तरह न किया जाय तो शीशे के फूट जाने का संभव है ।

विद्युद्दर्शक में बहुत सी बिजली न भरनी चाहिये, नहिं तो सोने के पत्र मर्तबान के साथ लग कर फट जायें गे । विद्युद्दर्शक को इस प्रकार भरना चाहिये कि विद्युद्यंत्र से लेडन के मर्तबान में छोटी सी चिंगारी आने दो— फिर उस की

गोली के साथ विद्युद्दर्शक को छू दो ।

शीशे के पाये भी उष्ण और सूखे होने चाहियें ।

निदान लेडन का मर्तबान और शीशे की प्रत्येक वस्तु जिस के साथ कोई विद्युत् संबन्धी परीक्षा करनी हो, उष्ण और सूखी होनी चाहिये ।

ग्रोव साहिब के मोरचे में जस्त पर अच्छी तरह पारा चढ़ा देना चाहिये (देखो रसायन तत्व), और सब धातु जहां पर मोरचे से लगे हों वहां पर खूब उजले और चमकते होने चाहियें ।

बाहिर के खानों में जो द्रव वस्तु होता है वह तोल में एक अंश गंधक का तेजाब और आठ अंश पानी मिलाने से बनता है।

ग्रोव साहिब के मोरचे की मसामदार बर्तनों को बर्तने के पीछे पानी में भिगो देना चाहिये, और जस्त और प्लाटिनम के पत्रों को भी खूब साफ कर देना चाहिये ।

६६ वीं परीक्षा में पीतल के दो पियालों को, जिन में तारों के सिरे डुबे हुए हैं, पारे से भर देना चाहियें ।

प्रश्नावलिः

प्रवेशिका

(१) जड़विज्ञान का लक्षण—(१) दो भिन्न भिन्न प्रकार की वस्तुओं का एक उदाहरण दो ।

(२) एक हि वस्तु की दो भिन्न २ अवस्थाओं का उदाहरण दो ।

(२) गति का लक्षण—(१) गति का तब ज्ञान हो सकता है जब उस के विषय में दो बातें मालूम हों । वह कौन सी हैं?

(२) एक मनुष्य एक हि चाल से चल कर सवा दो घंटों में ८ मील चलता है, दूसरा एक घंटे मे ४ मील चलता है; बताओ कि कौन जलदी चलता है ?

(३) एक मनुष्य २½ घंटों में १० मील चलता है; उस की गति का परिमाण बताओ । एक तोप का गोला ५½ सेकण्ड में ६,६०० फ़ुट चलता है । उस की गति का परिमाण बताओ ।

(३) बल का लक्षण—(१) बल किस को कहते हैं ? एक ऐसी परीक्षा करो जिस से मालूम हो जाय कि जो वस्तु पहिले स्थित हो उस को बल लगाने से उसमें गति उत्पन्न हो सकती है ।

(३) एक ऐसी परीक्षा करो जिस से मालूम हो जाय कि बल द्वारा चलती वस्तु को ठैरा सकते हैं ।

(४) एक ऐसी परीक्षा करो जिस से मालूम हो कि एक ब-

लके आधार को हम दूसरे बल से रोक सकते हैं ।

प्रकृति के प्रधान बल ।

(१) गुरुत्व बल का लक्षण — (१) वस्तुओं के गुरुत्व का क्या कारण है ?

(२) कल्पना करो कि हमने पृथ्वी के भीतर से सब कुछ निकाल कर केवल एक तह (जिस पर हम खड़े हैं) रहने दी है । क्या सीसे के टुकड़े के तोल में कुछ भेद हो जाय गा ?

(३) कल्पना करो कि तुम्हारे नीचे धरती नहिं, और तुमने हाथ में एक सीसे का टुकड़ा पकड़ रक्खा है; क्या उस का कुछ बोझ प्रतीत होगा ?

(२) आश्लेषबल का लक्षण — (१) आश्लेष बल का एक उदाहरण बताओ ।

(२) आश्लेष बल और गुरुत्व बल में बड़ा भेद क्या है ? उदाहरण देकर अपने उत्तर को विशद करो ।

(३) रसायनिक आकर्षण का लक्षण — (१) रसायनिक आकर्षण का एक उदाहरण दो ।

(२) इस मे क्या विशेष है ?

(४) इन बलों के फल — (१) यदि गुरुत्व बल न होता तो क्या होता ?

(२) यदि आश्लेष बल न होता तो क्या होता ?

(३) यदि रसायनिक आकर्षण न होता तो क्या होता ?

गुरुत्व बल का आधार

(१) गुरुत्व केन्द्र — (१) गुरुत्व केन्द्र किस को कहते हैं ?

(२) क्या सब वस्तुओं में गुरुत्वकेन्द्र होता है ?

(३) यदि कोई वस्तु खुली फिर सके तो उस का गुरुत्व केन्द्र कहां रहेगा ?

(४) किसी लोहे की चद्दर का गुरुत्व केन्द्र मालूम करने की विधि बताओ ।

(५) यदि यह चद्दर सारी एक हि तल में न होती तो क्या पूर्वोक्त रीति व्यवहार में काम आसकती ?
अपने उत्तर को युक्तिसिद्ध करो ।

(२) तराज़ू —— (१) साधारण तराज़ू का वर्णन करो ।

(२) जिस बिन्दु पर तराज़ू लटका हुवा हो क्या उस का गुरुत्व केन्द्र उस बिन्दु से ऊपर हो सकता है ?

(३) जब तराज़ू की डंडी को हिला देते हैं तो फिर क्यों अपने असली स्थान पर आजाती है ?

भौतिक पदार्थों की तीन अवस्था

(१) भौतिक पदार्थों की तीन अवस्थाओं के नाम लिखो ।

(२) वह कौन सी अवस्था है जिस में भौतिक पदार्थों में कुछ भी आश्लेष बल नहि होता ?

(३) एक ऐसी परीक्षा करो जिस से मालूम हो कि पारे में आश्लेष बल नहि होता है ।

(४) एक ऐसी परीक्षा करो जिस से मालूम हो कि पानी में आश्लेष बल होता है ।

(५) कठिन पदार्थ का लक्षण कहो ।

(६) द्रव पदार्थ का लक्षण कहो ।

(७) वायवीय पदार्थ का लक्षण कहो ।

कठिन पदार्थों के गुण

(१) क्या कठिन पदार्थ का आकार वा स्वरूप बदलना सर्वथा असंभव है ?

(२) हम लोहे के डंडे का आकार बदलाने में कितने प्रकार से यत्न कर सकते हैं ?

(३) एक ऐसी परीक्षा करो जिस से यह मालूम हो कि लकड़ी की कड़ी का झुकाओ उस बोझ के अनुसार होता है जो उस के मध्य से लटकाया जाय ।

(४) परीक्षा ४ में १० पोण्ड बोझ लटकाने से कड़ी का मध्य ½ इंच झुक जाता है । यदि २५ पोण्ड बोझ लटकाया जावे तो कड़ी का मध्य कितना झुके गा ?

(५) परीक्षा द्वारा सिद्ध करो कि यदि किसी कड़ी को मोटाई के बल रखा जावे तो वह थोड़ा झुकती है ।

(६) किसी कठिन पदार्थ के पूर्णास्थितिस्थापक की सीमा से क्या अभिप्राय होता है ?

(७) किन दो बातों का राज को अवश्य ध्यान रखना चाहिये ?

(८) परीक्षा द्वारा रगड़ का लक्षण करो

(९) यदि रगड़ न होती तो क्या होता ?

द्रव पदार्थों के गुण

(१) **परिमाण और आकार**—(१) क्या द्रव पदार्थों का आकार बदलना कठिन है ?

(२) क्या द्रव पदार्थों का परिमाण बदना कठिन है ? अपने उत्तर को उदाहरण देकर विशद करो ।

(२) **द्रव पदार्थों में एक परमाणु का दबाओ है**

सरे परमाणुओं पर चलाजाता है—(१) एक ऐसी परीक्षा का वर्णन करो जिस से यह मालूम हो कि द्रव पदार्थों में एक परमाणु का दबाओ दूसरे परमाणुओं पर चला जाता है

(२) एक ऐसी परीक्षा का वर्णन करो जिस से यह मालूम हो कि द्रव पदार्थों में दबाओ सब ओर फैल जाता है ।

(३) द्रव पदार्थों के इस गुण को पहिले पहिल किसने मालूम किया था ।

(४) एक ऐसी परीक्षा का वर्णन करो जिस से यह पाया जाय कि डाट पर द्रव पदार्थों का दबाओ उस के सिद्धफल के अनुसार होता है ।

(५) एक डाट का सिरा लम्बाई और चौड़ाई में दो २ इंच है और उस पर पानी का दबाओ १० सेर है, तो बताओ कि जिस डाट का सिरा लम्बाई और चौड़ाई में तीन २ इंच हो उस पर क्या दबाओ होगा ?

(३) ब्रामा का प्रेस—(१) ब्रमा प्रेस का वर्णन करो और उस का एक खाका बनाओ ।

(२) ब्रामा प्रेस की बड़ी डाट का सिद्धफल छोटी से आठ गुणा है । छोटीपर ८ सेर का बल लगायागया है। बड़ी डाट कितने बल से उठे गी ?

(३) क्या बड़ी डाट भी उतनी हि शीघ्र उठती है जितनी कि छोटी नीचे दबाई जावे ?

(४) द्रव पदार्थों की सतह समान रहती है —

(१) एक ऐसी परीक्षा का वर्णन करो जिस से मालूम हो कि गुरुत्व बल के व्यापार की सीध पारे वा अन्य द्रवों की पृष्ठ पर लम्ब होती है ।

(२) जलीय हरिज दर्शक का खाका बनाओ, और उस का वर्णन भी करो ।

(५) गहरे पानी का दबाओ—(१) एक ऐसी परीक्षा वर्णन करो जिस से यह मालूम होजाय कि द्रव पदार्थों का दबाओ गहराओ के अनुसार होता है, और सब दिशाओं में व्यापार करता है ।

(२) यदि पानी की पृष्ठ से ९ फ़ुट नीचे किसी तल पर ६ सेर दबाओ हो तो पानी की पृष्ठ से २५ फ़ुट नीचे उसी तल पर कितना दबाओ होगा?

(३) क्या एक हि गहराओ पर पानी का दबाओ सरोवर के बड़ा वा छोटा होने से बढ़ वा घट सकता है ?

(४) गहरे पानी में बोतल डुबो कर इस दबाओ का सद्भाव किस प्रकार मालूम कर सकते हैं ?

(६) पानी का तारक गुण—(१) किसी परीक्षा की सहायता से पानी के तारक गुण का लक्षण करो ।

(२) परीक्षा द्वारा सिद्ध करो कि यद्यपि पानी में तोलने से वस्तु हलकी प्रतीत होती हैं, परंतु असल में उन का तोल नहिं घटता ।

(३) परीक्षा द्वारा सिद्ध करो कि जब किसी वस्तु को पानी में तोलें तो उस वस्तु का तोल अपने समान परिमाण वाले पानी के तोल के बराबर घट जाता है ।

(४) लोहे का टुकड़ा क्यों पानी में डूब जाता है ?

(५) काक पानी में क्यों तैरता है ?

(६) किस अवस्था में वस्तु न पानी में डूबती न तैरती है, किंतु जहां रखें वहिं ठैरी रहती है ?

(२) **आपेक्षिक गुरुत्व**—(१) किसी वस्तु का आपेक्षिक गुरुत्व अथवा विशेष गुरुत्व किस को कहते हैं ?

(२) शुद्ध सोने के एक टुकड़े का तोल वायु में ५० ग्रेन है और पानीमें ४८ ग्रेन, उस का विशेष गुरुत्व मालूम करो ।

(३) वस्तुओं के विशेष गुरुत्व मालूम करने की रीति पहिले पहिल किसने निकाली थी, और किस तरह पर ?

(४) एक सोने का टुकड़ा, जिस को सुनार शुद्ध बताता है, वायु में तोलने से ७६ ग्रेन और पानी में तोलने से ७० ग्रेन उतरा है । क्या यह सोना शुद्ध है ? अपने उत्तर को प्रमाण सिद्ध करो ।

(५) एक पत्थर का टुकड़ा वायु में २०० ग्रेन और पानी में १५० ग्रेन उतरा है, उसी पत्थर के एक और टुकड़े का तोल वायु में ५६० ग्रेन है, तो पानी में उस का तोल क्या होगा ?

(८) अवशिष्ट द्रव पदार्थों की तारक शक्ति—

(१) भारी द्रवों में तारक शक्ति अधिक होती है वा हलकों में ?

(२) किसी ऐसे द्रव पदार्थ का नाम लो जिस में लोहा भी तैर सके ।

(३) मनुष्य मीठे पानी में अच्छी तरह तैर सकता है वा खारी में ?

(४) किसी ऐसी झील का नाम बताओ जिस में मनुष्य आसानी से डूब नहिं सकता ।

(९) सूक्ष्म नलियों की आकर्षण शक्ति—

(१) कभी पानी अपनी पृष्ठ से ऊपर भी चढ़ सकता है ?

(२) परीक्षा द्वारा सिद्ध करो कि पानी का इस प्रकार चढ़ना उस आकर्षण शक्ति के अनुसार होता है जो पानी और दूसरे पदार्थ में होती है ।

(३) किसी ऐसे पदार्थ का नाम लो जो इसी प्रकार पारे को आकर्षण कर सकता है ।

गासों के गुण

(१) वायु का दबाओ—(१) गास और द्रव पदार्थ में क्या भेद है ?

(२) क्या पृथिवी वायु को खेंचती है, वा परे हटाती है ? परीक्षा द्वारा अपने उत्तर को विशद करो ।

(३) परीक्षा द्वारा सिद्ध करो कि कई गास वायु से भारी होते हैं ।

(४) परीक्षा द्वारा सिद्ध करो कि कई गास वायु से हलके होते हैं ।

(५) क्या वायवीय समुद्र जो हमारे ऊपर है पृथ्वी पर उसी प्रकार दबाओ उत्पन्न करता है जैसा कि पानी का समुद्र ?

(६) क्या कारण है कि कागज़ का टुकड़ा वायु के दबाओ के हेतु मेज़ पर खूब जुड़ा नहिं रहता ? अपने उत्तर को परीक्षा द्वारा विशद करो ।

(७) परीक्षा द्वारा सिद्ध करो कि वायु में भी तारक शक्ति है ।

(२) वायु मापक और उस के फल—(१) वायु मापक का वर्णन करो ।

(२) पहिले पहिल किस ने इस यंत्र को निकाला ।

(३) वायु मापक में पारा प्रायः कितना चढ़ सकता है ?

(४) यदि इस यंत्र को किसी ऊंचे पहाड़ पर ले जावें तो क्या पारा ऊपर चढ़ेगा वा नीचे उतरे गा ?

(५) टारि चैलिक शून्य किसे कहते हैं ?

(६) मौसम के बदलने से पारे की ऊंचाई में

किस प्रकार भेद होता है ?

(३) वायुनिःसारक यंत्र—(१) डाट और फकना किन को कहते हैं ?

(२) वायु निस्सारक के व्यापार की रीति का वर्णन करो ।

(३) वायु निस्सारक का फानूस ९० मुकस्सर इंच है और उस का नल ९ मुकस्सर इंच है; तो डाट के एक बार दबाने से कौथा भाग वायु का बाहिर निकल जायगा ?

(४) जलोत्सारक यंत्र और वक्रनल—(१) यदि वायु मापक में पारे के स्थान पानी बरता जाय, तो क्या उस का दण्ड ऊंचा होगा या छोटा ?

(२) वायु मापक में पानी का दण्ड प्रायः कितना लंबा होगा ?

(३) साधारण जलोत्सारक यंत्र और उस के व्यापार की रीति का वर्णन करो ।

(४) यदि पानी की पृष्ठ और निचले फकने में ३० फ़ुट से अधिक दूरी हो तो यह यंत्र क्यों नहिं चल सकता ?

(५) यदि इस यंत्र को किसी ऊंचे पहाड़ पर बरतना हो तो ४र्थ प्रश्न में कही दूरी को क्यों बदलना पड़ता है ?

(६) कई बार इस यंत्र को बर्तने से पहिले इस

की डाट पर कुछ पानी डालना पड़ता है। इस से क्या फल होता है ?

(७) वक्र नल का वर्णन करो और बताओ कि उस को किस प्रकार बरता जाता है ?

गति वाले पदार्थ

(१) प्रयत्न और कर्म—(१) प्रयत्न कोई वस्तु है वा वस्तु की अवस्था ?

(२) जब हम कहें कि अमुक वस्तु प्र त्न से पूर्ण है, तो इस से क्या समझना चाहिये ?

(३) कई प्रसिद्ध अवस्थाओं का नाम लो जिन में कि वस्तु प्रयत्न से पूर्ण होती है।

(४) हम प्रयत्न को किस तरह माप सकते हैं ?

(५) हम किस इकाई द्वारा कर्मका परिमाण करते हैं ?

(६) ५ $\frac{1}{2}$ पौराड बोझ को १० $\frac{1}{2}$ फ़ुट ऊपर उठाने में कितना कर्म होगा ?

(७) एक तोप का मुंह ठीक ऊपर को किया गया है, और उस से १०० पौराड का गोला चलाया गया है। यह गोला लौटने से पहिले ८५० फ़ुट ऊपर चढ़ा है, तो इस गोले का प्रयत्न कितना होगा ?

(२) कर्म जो गतिवाले पदार्थ करते हैं—

(१) एक पत्थर, जिसका तोल १ पौराड है, ३२ फ़ुट प्रतिसेकराड के वेग से ऊपर उछाला गया है, और १६ फ़ुट ऊपर चढ़ा है। इस में कितना प्रयत्न होगा ?

(२) एक पत्थर जिस का तोल चार पौएड है ३२ फ़ुट प्रति सेकएड के वेग से ऊपर फेंका गया है, तो बताओ कि वह कितना ऊपर चढ़े गा और उस में कितना प्रयत्न होगा ?

(३) यदि कोई पत्थर जिस का तोल ३ पौएड है ६४ फ़ुट प्रति सेकएड के वेग से ऊपर फेंका जाय तो वह कितना ऊपर जायगा और उस में प्रयत्न कितना होगा ?

(४) एक तोप का गोला जो १,००० फ़ुट प्रति सेकएड के हिसाब से चलता है, सीसे के ६ तख़्तों को बींध सकता है, तो बताओ कि यदि वह इस से दुगुणे वेग से छूटता तो उसी तरह के कितने तख़्तों को बींध सकता ?

(२) स्थिति की अवस्था में प्रयत्न—(१) जब कोई शेर सोया वा चुप चाप बैठा हो तो क्या उस में प्रयत्न नहिं होता ? यदि होता है तो किस प्रकार का ?

(२) एक ऐसा उदाहरण दो जिस से यह मालूम हो कि पत्थरों के ढेर में ऊंचे स्थान के कारण भी प्रयत्न होता है ।

(३) पानी के कुंड में कब प्रयत्न होता है ?

(४) पौन चक्कि में किस प्रकार के प्रयत्न से काम लिया जाता है ?

(५) गति वाले पदार्थ के प्रयत्न की अपेक्षा स्थित

पदार्थ के प्रयत्न में क्या विशेष है ?

थरथराने वाले पदार्थ

(१) थरथराना— शब्द— (१) एक ऐसी वस्तु का उदाहरण दो जो सारी की सारी अपना स्थान नहिं बदलती ।

(२) इस प्रकार की गति का क्या नाम है ?

(३) क्या थरथराने वाली वस्तु अपने आस पास के वायु पर प्रहार करती है ?

(४) जब यह प्रहार हमारे कान में आता है तो हम को क्या अनुभव होता है ?

(२) शोर और राग— (१) किसी ऐसी वस्तु का उदाहरण दो जो वायु पर केवल एक हि प्रहार करती है ।

(२) किसी ऐसी वस्तु का उदाहरण दो जो वायु पर बहुत से प्रहार करती हो ।

(३) जब एक हि प्रहार कान में पहुंचे तो उस शब्द को क्या कहते है ?

(४) जब बहुत से प्रहार कान में पहुंचें तो उस शब्द को क्या कहते है ?

(५) गम्भीर नीचा स्वर किस प्रकार उत्पन्न होता है और ऊंचा किस प्रकार ?

(६) उदाहरण देकर सिद्ध करो कि शब्द एक प्रकार का प्रयत्न है, और कर्म भी कर सकता है ?

(३) शब्द का वायु में से चलना — (१) परीक्षा द्वारा सिद्ध करो कि शब्द को कान तक पहुंचाने के लिये वायु चाहिये ।

(२) जब तोप से वायु पर प्रहार पहुंचता है तो क्या जिन परमाणुओं पर प्रहार होता है वह उड़ कर सुनने वाले मनुष्य के कान तक पहुंचते हैं ?

(३) यदि ऐसा नहिं होता तो गति कान में किस प्रकार पहुंच जाती है ? अपने उत्तर को परीक्षा द्वारा विशद करो ।

(४) क्रोकी की खेल से इस का उदाहरण दो ।

(४) शब्द की गति का प्रमाण — (१) इस बात का कोई प्रमाण दो कि शब्द को तोप से चल कर हमारे कान तक पहुंचने में कुछ काल लगता है ।

(२) शब्द वायु में कितनी गति से चलता है ?

(३) शब्द पानी में किस हिसाब से चलता है ?

(४) और लकड़ी में कितनी गति से चलता है ?

(५) एक मनुष्य ने दूर से खड़ा हो कर तोप छूटने का प्रकाश देखा और ५ $\frac{1}{2}$ सेकण्ड पीछे उस का शब्द सुना, तो बताओ कि वह तोप से कितनी दूर खड़ा है ?

(५) शब्द का प्रतिहत होना — (१) गूंज का क्या कारण है ?

(२) किसी परीक्षा द्वारा सिद्ध करो कि प्रकाश की तरह शब्द का भी ग्रहकेन्द्र हो सकता है।

(३) लंडन नगर के सेंट पाल नामी गिरजे का उदाहरण लेकर शब्द के इस गुण को सिद्ध करो।

(६) भिन्न २ स्वरोंके लिये कितने २ प्रहार होते हैं — (१) उस यंत्र का वर्णन करो जिस से यह मालूम हो सकता है कि अमुक स्वर में प्रति सेकण्ड इतने प्रहार होते हैं ?

उष्ण पदार्थ

(१) उष्णता का स्वभाव — (१) क्या उष्ण पदार्थ ठंडे से भारी होता है ?

(२) क्या उष्ण वस्तु में ठंडी वस्तु से अधिक प्रयत्न होता है ?

(३) यदि उष्णता गति का एक प्रकार है तो उष्ण पदार्थ के परमाणु हिलते क्यों नहिं दिखाई देते ?

(४) थरथराने वाले पदार्थों के विषय में दो बातों की जिज्ञासा करनी पड़ती है; वह क्या हैं ?

(५) उष्ण पदार्थों के विषय में दो बातों की जिज्ञासा करनी पड़ती है; वह क्या हैं ?

(२) उष्ण होने से पदार्थों का फैलना — (१) परीक्षा द्वारा सिद्ध करो कि धातु का डंडा तपाने से बढ़ जाता है।

(२) यदि हम काच की कुलिया को पानी से भर

कर तपावें तो क्या होगा ?

(६) यदि किसी फुकने को दो तिहाई वायु से भर कर तपायें तो क्या होगा ?

(३) ग्रर्ममापक और उस के बनाने की विधि—

(१) पारे वाले ग्रर्म मापक और उस के आकार का वर्णन करो ।

(२) पारे वाले ग्रर्म मापक को भरने और बंद करने की विधि लिखो ।

(३) सेंटी ग्रेड ग्रर्म मापक पर किस प्रकार अंशों के चिन्ह लगाये जाते हैं ?

(४) इस को सेंटी ग्रेड क्यों कहते हैं ?

(५) सेंटीग्रेड पर मनुष्य के रुधिर की उष्णता का कौन सा अंश होता है ?

(४) कठिन, द्रव और वायवीय पदार्थों का फैलाव—(१) काच अधिक फैलता है वा सीसा ?

(२) प्लाटिनम धातु अधिक फैलता है वा जल?

(३) ग्रर्म मापक द्वारा सिद्ध करो कि द्रव पदार्थ कठिन पदार्थों से अधिक फैलते हैं ।

(४) क्या द्रव वस्तु थोड़ी उष्णता में शीघ्र फैलती हैं वा अधिक में ?

(५) क्या द्रवों से गास अधिक फैलते हैं ?

(६) क्या उष्णता छोड़ किसी और प्रकार भी गास फैलते हैं ?

(७) यदि कोई फुकना जिस में कुछ वायु भरा

है ०° पर १००० मुकस्सर इंच हो, तो १७०° पर उस का क्या परिमाण होगा ?

(६) परीक्षा द्वारा सिद्ध करो कि द्रव पदार्थ बड़े बल से फैलते हैं ।

(७) तुम जानते हो कि ठंडा होने से पदार्थ सुकड़ जाते हैं । गाड़ी का पहिया बनाने में इस गुण से क्या सहायता मिलती है ?

(५) विशेष उष्णता — (१) किसी वस्तु की विशेष उष्णता से क्या अभिप्राय होता है ?

(२) किसी ऐसे पदार्थ का नाम लो जिस की विशेष उष्णता बहुत हि बढ़ कर हो ।

(३) किसी ऐसे पदार्थ का नाम लो जिसकी विशेष उष्णता बहुत हि थोड़ी हो ।

(४) प्रश्न (२) और (३) के उत्तर उदाहरणों से विशद करो ।

(६) अवस्था का बदलना — (१) उष्ण करने से पदार्थों की अवस्था बदलने का क्रम लिखो ।

(२) लोहे का एक टुकड़ा तो तप कर सफेद होगया है, और दूसरा गला पड़ा है; इन में से कौन सा अधिक उष्ण है ?

(३) लोहे का एक टुकड़ा तो गलाया गया है, और दूसरा भाप बना कर उड़ाया गया है । बताओ कि किस को अधिक उष्णता पहुंचायी गयी है ?

(४) किसी ऐसे द्रव पदार्थ का नाम लो जो क-
भी नहिं जमा ।

(५) किसी ऐसे गास का नाम लो जिस को ठंडा
कर के हम द्रव नहिं बना सके ।

(६) क्या उष्णता का परिमाण करने में हम त्वक
इन्द्रिय को नियामक मान सकते हैं ?

(७) दुःसाध्यपदार्थ किस को कहते हैं ? कि
सी का नाम लो ।

(८) सौ अंश वाले धर्ममापक में बर्फ के गलने
का अंश कौनसा होता है ? और पानी के
उबाल का कौन सा अंश होता है ?

(७) पानी और भाप की गुह्य उष्णता —(१) कि
सी परीक्षा द्वारा पानी की गुह्य उष्णता का
लक्षण करो ।

(२) यदि ०° की बर्फ का एक पौएड १००° पर उब-
लते पानी के एक पौएड में मिलाया जावे तो
क्या औसत उष्णता ५०° से न्यून होगी वा
अधिक ?

(३) किसी परीक्षा द्वारा भाप की गुह्य उष्णता
का लक्षण करो ।

(४) यदि बर्फ जैसे ठंडे पानी का एक पौएड १००°
पर की एक पौएड भाप में मिला दिया जाय,
तो औसत उष्णता ५०° से कम होगी
वा अधिक ?

(५) जब हम कहते हैं कि पानी की गुप्त उष्णता ७९ है, तो इस से हमारा क्या अभिप्राय होता है ?

(६) जब हम कहते हैं कि भाप की गुप्त उष्णता ५३७ है, तो इस से हमारा क्या अभिप्राय होता है ?

(७) यदि पानी की गुप्त उष्णता बहुत थोड़ी हो, तो क्या हो ?

(८) यदि भाप की गुप्त उष्णता बहुत थोड़ी हो तो क्या हो ?

(९) किसी परीक्षा द्वारा सिद्ध करो कि असली भाप अदृश्य होती है ।

(८) उबलना और बुखार बनना—(१) उबलने और बुखार बनने में क्या भेद है ?

(२) पानी के उबाल का स्थान किस के आश्रय है ।

(३) किसी पहाड़ की चोटी पर उबाल का स्थान ऊंचा होगा वा नीचा ! क्यों ?

(४) और गहरी कानों में ऊंचा होगा वा नीचा ? क्यों ?

(५) एक ऐसी परीक्षा का वर्णन करो जिस से यह मालूम हो कि दबाओ के घटाने से उबाल के स्थान पर असर होता है ।

(६) क्या बर्फ पिगलने से फैलती है वा सुकड़ जा-

ती है ? अपने उत्तर को परीक्षा द्वारा विशद करो।

(७) किसी ऐसी वस्तु का नाम लो जो इस से इस बात में विरुद्ध हो ।

(८) जब द्रव पदार्थों को तपा कर भाप बनाया जावे तो वह फैलते हैं वा सुकड़ जाते हैं ?

(९) एक मुकाब्बर इंच उबलते पानी की भाप कितना स्थान रोकती है ?

(५) उष्णता के अन्य गुण— अतिशीतलमिश्र—

(१) उदाहरण देकर समझाओ कि उष्णता से रसायनिक व्यापार बढ़ता है ।

(२) क्या रसायनिक व्यापार से प्रायः उष्णता उत्पन्न होती है ?

(३) कोई ऐसा उदाहरण दो जिस में दो वस्तुओं के मिलाप से बहुत शीत उत्पन्न होता है । इस बात का समाधान भी करो ।

(४) क्या कारण है कि जो द्रव पदार्थ शीघ्र बुखार बन जाता है वह बहुत ठंडा होता है ?

(५) एक परीक्षा द्वारा सिद्ध करो कि अपने आप बुखार बनने से भी पानी जम जाता है ।

(१०) उष्णता का फैल जाना—(१) क्या उष्णता में सदा फैल जाने की उपयोगिता होती है ?
(२) उष्णता कितने प्रकार से फैलती है ?
(३) संचार, प्रसार, और किरणी करण का एक २ उदाहरण दो ।

(११) उष्णता का संचार और प्रसार—(१) परीक्षा द्वारा सिद्ध करो कि काच की अपेक्षा धातु में उष्णता अधिक संचार करती है ।
(२) ऊन और पंख अल्पसंचारक हैं वा बहुसंचारक ?
(३) यह पदार्थ उष्णता को कब बाहिर नहिं निकलने देते ?
(४) यह पदार्थ उष्णता को कब भीतर नहिं घुसने देते ?
(५) परीक्षा द्वारा सिद्ध करो कि तांबा लोहे से बहुसंचारक है ।
(६) संचार और प्रसार में बड़ा भेद क्या है ?
(७) यदि किसी बर्तन में पानी भर कर तपावें तो उस के परमाणुओं में किस प्रकार की गति उत्पन्न होगी
(८) इस बात का समाधान करो कि प्रसार के कारण सारे का सारा सरोवर जम नहिं सकता ?
(९) वायु में प्रसार का उदाहरण दो ।

(९) वाणिज्य मारुत का क्या कारण है ?

प्रकाश जो उष्ण पदार्थों से निकलता है ।

(१) प्रकाशक उष्णता और प्रकाश—(१) किस आधार से सूर्य की उष्णता पृथिवी पर पहुंचती है ?

(२) यदि हांडी में उष्ण पानी भरा हो तो क्या उस से प्रकाश निकलता है ?

(३) जब किसी वस्तु को उष्ण करते जावें तो उस में से जो किरणें निकलती हैं उन में किस प्रकार का परिवर्तन होता जाता है ?

(४) प्रकाश की गति पहिले पहिल किस ने मालूम की थी ?

(५) जिस रीति से उस ने प्रकाश की गति मालूम की थी, उसका संक्षेप से वर्णन करो ।

(६) प्रकाश प्रति सेकण्ड कितने मील चलता है ?

(७) यदि सूर्य बुझ जाय तो हम को यह बात कितना चिर पीछे मालूम होगी ?

(८) क्या प्रकाश के परमाणु सूर्य से चल कर हमारी आंख में पहुंचते हैं ? यदि नहिं तो प्रकाश क्या वस्तु है ?

(२) प्रकाश का प्रति बिम्बित होना—(१) कि-

सी परीक्षा द्वारा सिद्ध करो कि प्रकाश प्रति-
बिम्बित होता है ।

(२) दो वाक्यों में प्रतिबिम्बित होने के नियम
लिखो ।

(३) वर्णमाला के दो तीन अक्षर लिख कर दि-
खाओ कि आदर्श में उन की कैसी मूर्ति ब
ने गी ?

(४) घर्ममापक की उजली गोली में बाह्य पदा-
र्थों की कैसी मूर्तियें बनती हैं ?

(५) दो मध्य निम्न दर्पण लेकर कर एक परी
क्षा करो ।

(३) प्रकाश का वक्रीभाव— (१) परीक्षा द्वारा सिद्ध
करो कि प्रकाश झुक जाता है ।

(२) बताओ कि शीशे में प्रवेश करने से पहिले
और पीछे, और शीशे के अंदर प्रकाश का
मार्ग किस तरह होता है ?

(३) जब शीशे का आकार फाने की तरह हो तो
उस समय प्रकाश का मार्ग कैसा होगा ?

(४) क्या प्रकाश फाने के मोटे भाग की ओर झु-
कता है वा नहिं ?

(४) दर्पण— उन से उत्पन्न हुई मूर्तियें—(१) यदि
कोई दर्पण मेज़ पर पड़ा हो तो ऊपर से
देखने से कैसा मालूम होगा ?

(२) यदि उस को एक ओर से देखें तो कैसा मालू-

न होगा ?

(३) सिद्ध करो कि दर्पण और प्रिज़्म असल में एक हि वस्तु हैं ।

(४) चित्र बना कर दिखाओ कि यदि किसी दर्पण पर बहुत सी किरणें पड़ें तो वह किस प्रकार झुके गी ?

(५) दर्पण को आतशी शीशे की तरह क्यों कर बर्त सकते हैं ?

(६) बताओ कि अकसी अर्थात् प्रतिबिम्बित मूर्तियें बनाने वाला दर्पण से क्या काम लेता है ?

(५) दूरदर्शक शीशे—(१) बताओ कि दर्पण द्वारा सूक्ष्म पदार्थों को क्यों कर बड़ा देख सकते हैं ?

(२) यदि वस्तु बहुत दूर हो तो क्या एक दर्पण से काम निकल सके गा ?

(३) इस अवस्था मे तुम क्या उपाय करो गे ?

(६) भिन्न २ प्रकार के प्रकाश भिन्न २ प्रकार से झुकते हैं— (१) कल्पना करो कि कुछ नीली, हरी, और लाल किरणें इकट्ठी प्रिज़्म में गई हैं, क्या वह इकट्ठी हि निकलें गी ?

(२) यदि नहिं तो किस क्रम से झुकें गी ?

(३) श्वेत रंग किन रंगों के मिलने से बनता है ?

(४) चित्र बना कर दिखलाओ कि प्रिज़्म द्वा-

रा यह बात कैसे सिद्ध हो सकती है ।

(५) पहिले पहिल किसने मालूम किया था कि श्वेत रंग कई रंगों का मिलाप है ?

(६) स्पेकट्रम किस को कहते हैं ? अपने उत्तर को परीक्षा द्वारा विशद करो ?

(२) उष्णता का स्वभाव—(१) यदि कोई लोहार सीसे के टुकड़े को हथौड़े से कूटे तो प्रहार का प्रयत्न कहां जाता है ?

(२) किसी बटन को लकड़ी से रगड़ने में जो प्रयत्न खर्च होता है वह कहां जाता है ?

(३) मोमी दिया सलाई द्वारा परीक्षा करके सिद्ध करो कि प्रहार का प्रयत्न उष्णता में परिणत हो जाता है ।

(४) जब रेल गाड़ी की गति शिथिल की जाती है तो उस के ब्रेकह्वील अर्थात् प्रतिबंधक चक्र से आग के चिंगारे क्यों निकलते हैं ?

(५) एक ऐसा उदाहरण बताओ जिस में उष्णता फिर दृश्य प्रयत्न में बदल जाती है।

उद्भूतविद्युत् पदार्थ

(१) संचारक तथा असंचारक—(१) विद्युत् के विषय में पहिले पहिल क्या मालूम हुआ था ?

(२) डाक्टर गिलबर्ट ने कौन सी नयी बात मालूम की थी ?

(३) परीक्षा द्वारा सिद्ध करो कि विद्युत् काच पर नहिं फैलती ।

(४) परीक्षा द्वारा सिद्ध करो कि विद्युत् धातु पर फैल जाती है ।

(५) इन गुणों के कारण शीशे और धातु के क्या नाम रखे गये है ?

(६) अल्प संचारक और बहु संचारक पदार्थों की फहरिस्त दो ।

(२) दो प्रकार की विद्युत्—(१) एक परीक्षा द्वारा सिद्ध करो कि विद्युत् दो प्रकार की होती है ।

(२) जब दो वस्तुओं में एक हि विद्युत् भरी हो तो क्या होता है ? जब विपरीत विद्युतें भरी हों तो क्या होता है ?

(३) एक ऐसी परीक्षा का वर्णन करो जिस से हम दो प्रकार की विद्युतों को अलग अलग कर सकते हैं ।

(४) यदि हम काच के डंडे को रेशमी कपड़े से रगड़ें तो इन दो वस्तुओं में किस किस प्रकार की विद्युत् प्रकट होती है ।

(५) यदि हम लाख को फलालेन से रगड़ें तो इन दो वस्तुओं में किस किस

प्रकार की विद्युत् प्रकट होती है ?

(२) रगड़ी हुई और न रगड़ी हुई वस्तु—परीक्षा—

(१) परीक्षा द्वारा सिद्ध करो कि वैद्युत प्रतिष्ठापन क्या वस्तु है ।

(२) वैद्युत स्फुलिंग का वर्णन करो और उस का कारण बताओ ।

(३) सुवर्णपत्रविद्युद्दर्शक और उस के व्यापार का वर्णन करो ।

(४) यदि विद्युद्दर्शक में विधायक विद्युत् भरी हो, और हम एक काच की डंडी रगड़ कर उस की गोली के पास लावें तो क्या होगा ?

(५) और लाख की बत्ती रगड़ कर लाने से क्या होगा ?

(६) यदि विद्युत्कोष के पास एक पीतल का गोला, जो काच के पायों पर टिका हुआ हो, लाओ तो एक छोटी सी चिंगारी निकलती है; यदि इस गोले का पृथ्वी के साथ वैद्युत संबन्ध हो तो बड़ा चिंगारा निकलता है । इस का क्या कारण है ?

(७) यदि इसी गोले के साथ एक नोक लगा दी जावे तो कोई चिंगारी नहिं निकलती । इस का क्या कारण है ?

(८) फ्रेंक्लिन ने कौन सी नयी बात मालूम की थी ?

(४) विद्युद्यंत्र — लेडन का मर्तबान — (१) विद्युद्यंत्र का एक खाका बनाओ और उस के व्यापार का वर्णन करो ।

(२) लेडन के मर्तबान का एक खाका बनाओ और उस के व्यापार का वर्णन करो ।

(३) विद्युन्निस्सारक दण्ड का एक खाका बनाओ, और बताओ कि इस से क्या काम लिया जाता है ?

(५) उद्भूत विद्युत् पदार्थों का प्रयत्न — (१) इस बात का प्रमाण दो कि विद्युत् में प्रयत्न होता है ।

(२) जब बिजली चमकती है तो क्या तुम विद्युत् देखते हो; यदि नहिं तो वह क्या वस्तु है ?

(३) विद्युद्यंत्र को फेरना क्यों कठिन है ?

(६) वैद्युत प्रवाह — (१) वाल्टा के मोरचे का खाका बनाओ, और उस के व्यापार का वर्णन करो ।

(२) मोरचे की ध्रुवी तारें किन को कहते हैं ?

(३) विधायक विद्युत् का प्रवाह किधर से होकर जाता है ?

(४) ग्रोव साहिब के मोरचे का खाका बनाओ, और उस के व्यापार का वर्णन करो ।

(७) वैद्युत प्रवाह के गुण—(१) वैद्युत प्रवाह द्वारा प्लाटिनम की तार को किस प्रकार उष्ण कर सकते हैं ?

(२) इस प्रकार के प्रवाह से पानी का विच्छेद किस तरह कर सकते हैं ?

(३) यदि पानी का विच्छेद किया जावे तो आक्सीजन किस ध्रुव पर निकलेगा और हाईड्रोजन किस पर ?

(४) वैद्युत प्रवाह की सहायता से लोहे के टुकड़े में और लोहा खेंचने की शक्ति किस प्रकार उत्पन्न कर सकते हैं ?

(५) प्रवाह के बंद होने के पीछे मृदु लोहे में यह शक्ति रहती है वा नहिं ?

(६) चुम्बक किस को कहते हैं ?

(७) वैद्युत प्रवाह से चुम्बक किस तरह फिर जाता है ?

(८) बताओ कि हम किस तरह तार की खबर भेज सकते हैं ?

इति ॥